

Katriina Leppänen

ILMASTONMUUTOKSEN VAIKUTUKSET METSÄTALOUDEN TUHOLAISLAJEIHIN

Opinnäytetyö
Metsätalousinsinööri

2020



Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu

Tekijä/Tekijät	Tutkinto	Aika
Katriina Leppänen	Metsätalousinsinööri	Tammikuu 2020
Opinnäytetyön nimi Ilmastomuutoksen vaikutukset metsätalouden tuholaislajeihin		
Toimeksiantaja Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu Xamk		
Ohjaaja Kirsi Itkonen		
Tiivistelmä <p>Ilmastomuutos aiheuttaa lukuisia muutoksia Suomen luonnossa, sen eläin- ja kasvilajistossa. Osa lajeista hyötyy ilmastomuutoksesta, osa taas kärsii siitä. Lämpenevä ilmasto luo suotuisat elinolosuhteet useille metsätalouden tuholaislajeille, jotka eivät aiemmin ole selviytyneet Suomessa ankarien talvien takia. Puita säiden ääri-ilmiöt stressaavat ja heikentävät samalla niiden puolustuskykyä tuholaisia vastaan.</p> <p>Hirvi, joka aiheuttaa suurimmat bioottiset tuhot vuosittain metsätaloudelle, lukeutuu ilmastomuutoksesta kärsiviin lajeihin. Se on sopeutunut viileään ilmastoon, eikä kestä lämpötilan nousua vaan kärsii lämpöstressistä. Hirven on todettu saavan lämpöstressin oireita lämpötilan ylittäessä 14 astetta. Vaikka lumipeitteen oheneminen tulevaisuudessa helpottaisikin hirven liikkumista talvisin, sen on ennustettu siirtyvän tulevina vuosina pohjoisemmaksi viileämmän ilmanalan perässä. Leudomprien talvien ansiosta pienempien hirvieläinten kannat kasvavat ja ne siirtyvät keskisempään Suomeen.</p> <p>Ilmastomuutos vaikuttaa myös myyräkantojen syklisyyteen: todennäköisesti syklisyys heikentyy koko maassa, ja etenkin Pohjois-Suomessa kannanvaihtelut muuttuvat pääasiassa vuodenaikaisiksi. Tämä vaikuttaa myös myyrätuhoihin. Uusimpien tutkimusten mukaan myyrät sopeutunevat ilmastomuutokseen kohtuullisen hyvin lyhyen ikänsä ja lyhyen sukupolvenvälinsä ansiosta.</p> <p>Useat tuhohyönteiset hyötyvät lämpenevästä ilmastosta, niin Suomessa jo olemassa olevat kuin tänne rantautuvat uudetkin lajit. Muun muassa ruskomänty-, tähtikudos- ja pulskamailapistiäinen ovat osoittaneet runsastumisen merkkejä viime vuosina. Myös havununna, jonka ei uskottu vielä joitakin vuosia sitten pärjäävän Suomessa, on lisääntynyt. Se on Euroopassa pelätty tuholainen, samoin sen sukulainen lehtinunna.</p> <p>Myös juurikäävän pelätään lisääntyvän ja leviävän pohjoisempaankin Suomeen. Juurikäävän torjunnassa kantokäsittelyn merkitys korostuu tulevaisuudessa, samoin puulajin vaihto saastuneessa metsikössä. Juurikääpää vastaan on kehitteillä uusia torjuntakeinoja. Tutkimuksissa on löydetty juurikäävälle vahingollisia viruksia, joiden avulla käävän leviämistä voitaisiin rajoittaa metsässä. Tämä on kuitenkin vasta tutkimusasteella. Tärkein torjuntakeino kaikkien tuholaiden suhteen on metsän oikea-aikainen hoito, sekametsien suosiminen ja monimuotoisuuden vaaliminen. Myös tutkimuksen ja käytännön yhteistyö sekä vieraslajien seuranta ovat keskeisessä roolissa.</p>		
Asiasanat ilmastonmuutos, tuholaislajit, tuhohyönteiset, hirvieläimet, myyrät, juurikääpä		

Author (authors)	Degree	Time
Katriina Leppänen	Bachelor of Natural Resources	January 2020
Thesis title		52 pages
The effects of climate change on forest pest species		
Commissioned by		
South-Eastern Finland University of Applied Sciences		
Supervisor		
Kirsi Itkonen		
Abstract		
<p>Climate change is causing many changes in the Finnish nature for many animal and plant species. Some species benefit from climate change and some suffer from it. The warming climate creates favorable living conditions for many forestry pest species. Extreme weather phenomena are stressful for trees and it weakens the defense of trees against pests.</p> <p>The moose <i>Alces alces</i> causes the largest annual major forest damage in Finland. The moose is one of the species affected by climate change. Climate change causes heat stress in the moose. It gets symptoms of the heat stress when the temperature exceeds 14 degrees. The moose is predicted to move further north in the coming years in the face of cooler weather. Because of milder winters, smaller deer will breed in Finland.</p> <p>Climate change also affects the cyclicity of vole populations. Cyclicity is likely to decline throughout the country and stock fluctuations in northern Finland become seasonal. This also affects vole damage. According to recent studies, voles will adapt reasonably well to climate change. Many pests benefit from a warming climate. <i>Lymantria monacha</i> has also increased in Finland. It is a feared pest in Europe.</p> <p>The root rot is also feared to increase and spread to northern Finland. In the fight against root rot, the importance of stump treatment will be emphasized in the future, and the exchange of wood species in contaminated forest stands. New means of combating root rot are under development. Harmful viruses have been found in the root rot that could prevent root rot from spreading. However, this is still under investigation. The most important means of controlling all pests is the management of the forest, favoring mixed forests and fostering diversity. Research and practical cooperation as well as monitoring of invasive species also play a key role.</p>		
Keywords		
climate change, pest species, insect pests, moose, voles, root rot		

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	ILMASTONMUUTOS JA SEN VAIKUTUKSET SUOMESSA.....	6
2.1	Lämpenevä ilmasto	6
2.2	Ilmastomuutoksen vaikutus Suomen kasvillisuuteen.....	7
2.3	Ilmastomuutos ja tuhot	9
3	HIRVIELÄIMET JA ILMASTONMUUTOS	10
3.1	Hirvi ja ilmastomuutos	10
3.1.1	Hirvi metsätuhojen aiheuttajana	10
3.1.2	Ilmastomuutoksen vaikutus hirven fysiologiaan.....	12
3.1.3	Hirvituhon torjunta	15
3.2	Metsäkauris ja valkohäntäpeura valtaavat alaa Suomessa.....	18
3.3	Porot ja ilmastomuutos.....	21
4	MYYRÄKANTOJEN SYKLISYYS JA ILMASTONMUUTOS.....	23
4.1	Myyräkantojen vaikea ennustettavuus	23
4.2	Myyrä ei stressaannu ilmastomuutoksesta.....	26
5	ILMASTONMUUTOKSEN VAIKUTUS HYÖNTEISTUHOIHIN.....	27
5.1	Hyönteiskantojen voimistuminen	27
5.2	Metsätaloudelle haitalliset hyönteiset lisääntyvät	28
5.3	Havununna leviää Suomessa.....	30
6	ILMASTONMUUTOS LISÄÄ JUURIKÄÄPÄRISKIÄ	32
6.1	Juurikääpä leviää pohjoiseen	32
6.2	Uudet aseet juurikäävän torjuntaan.....	36
7	POHDINTA.....	37
7.1	Opinnäytetyön luotettavuus.....	37
7.2	Ilmasto muuttuu ja luonto sopeutuu.....	38
7.3	Hirvituhot lisääntyvät – tuhoriskit huomioitava jo metsäsuunnittelussa	

7.4	Tutkimustieto jalkautettava käytännön metsänhoitoon.....	43
7.5	Sekametsiä suosittava enemmän tulevaisuudessa	45
7.6	Metsätuhojen seuranta ja yhteistyö merkittävässä roolissa.....	47
LÄHTEET		49

1 JOHDANTO

Ilmasto maapallolla lämpenee ja sen seurauksena tapahtuu muutoksia myös Suomen metsille haitallisessa lajistossa. Aikaisemmat kevää, lämpimämmät kesät ja leudommat talvet suosivat monia tuhohyönteisiä, niin Suomessa jo olemassa olevia lajeja kuin tänne rantautuvia uusiakin lajeja. Hyönteisten lisäksi ilmastonmuutos tulee vaikuttamaan myös metsätaloudelle haitallisiin, täällä jo olemassa oleviin nisäkäslajeihin ja myös juurikäävän esiintymiseen.

Opinnäytetyön tavoitteena oli käsitellä metsätaloudelle haitallisimpia hyönteisiä, nisäkkäitä ja sieniä. Nämä ovat bioottisia tuhonaiheuttajia. Työssä ei tarkastella abioottisia tuhonaiheuttajia eli myrsky- ja lumituhoja. Opinnäytetyössä esitellyt hyönteislajit ruskomäntypistiäinen, tähtikudospistiäinen ja pulskamailapistiäinen sekä havununna valikoituivat mukaan, sillä uusimpien tutkimusten mukaan nämä lajit hyötyvät ilmastonmuutoksesta. Nisäkäslajeista opinnäytetyössä on käsitelty hirvieläimiä ja eri myyrälajeja, ja sienilajeista juurikääpä.

Opinnäytetyö on eri lähteistä työstetty kooste ilmastonmuutoksen vaikutuksista metsätalouden tuholaislajeihin ja näkökulma aiheeseen on teoreettinen. Aineistona on käytetty Luonnonvarakeskuksen (Luke) tutkimuksia ja julkaisuja, Suomen ympäristökeskuksen (SYKE) ja Ilmatieteen laitoksen ylläpitämää Ilmasto-opas.fi-sivustoa sekä metsä- ja ympäristöalan kirjallisuutta ja lehtiartikkeleita. Osa aineistosta on peräisin Luonnonvarakeskuksen tutkijoiden Juho Matalan ja Tuula Pirin kanssa käydyistä sähköpostikeskusteluista.

2 ILMASTONMUUTOS JA SEN VAIKUTUKSET SUOMESSA

2.1 Lämpenevä ilmasto

Ilmasto on muuttunut aina ja luonto sen mukana. Erilaiset luonnonilmiöt ovat saaneet lämpötilat nousemaan ja laskemaan aina trooppisista oloista vuosituhansia jatkuneisiin jääkausiin. Näihin kaikkiin eläimet ja kasvit ovat kuitenkin aina sopeutuneet, sillä muutokset ovat tulleet paljon hitaammin kuin ihmisen nyt käynnistämä ilmastonmuutos. Ennen ilmasto muuttui satojen tai tuhansien vuosien kuluessa, nyt keskilämpötilat nousevat useita asteita vuosikymmenissä. (Nikkanen ym. 2017, 19.)

Ripeintä lämpeneminen on lähellä napoja, etenkin pohjoisella pallonpuoliskolla, ja siksi Suomen ilmastoon arvioidaan lämpenevän lähes kaksi kertaa nopeammin kuin muun maapallon. Suomen keskilämpötila nousee kuluvaan vuosisadan aikana 3 - 6 astetta ja on jo noussut 2,3 astetta esiteollisesta ajasta. (Nikkanen ym. 2017, 8.) Ilmatieteen laitoksen arvioiden mukaan Keski-Suomen talvet voisivat lämmitä jopa kymmenellä asteella 1990-luvun lopun lukemista seuraavien vuosikymmenien aikana, jos kasvihuonekaasupäästöjä ei saada rajoitettua. Monille Suomen talveen sopeutuneille eliöille tämä tietäisi kuolemaa. (Nikkanen ym. 2017, 21.)

Vaikka päästöjä saataisiin tehokkaasti leikattua, talvet tulevat silti lämpenemään Suomessa 2 - 7 astetta ja kesät 1 - 4 astetta. Sademäärät lisääntyvät, lumipeiteaika lyhenee ja routaa on maassa aiempaa vähemmän. Laskelmien mukaan ilmasto Suomessa näyttää muuttuvan enemmän talvella kuin kesällä. Kasvukausi pitenee ja muuttuu lämpimämmäksi, mutta lämpenemisen seurauksena myös hellejaksot yleistyvät ja pitenevät. Kaikkein korkeimmat lämpötilat todennäköisesti kohoavat. Lämpeneminen on nopeinta Pohjois-Suomessa. Talvisadanta lisääntyy, ja se tulee yhä useammin vetenä. (Nikkanen ym. 2017.) Lauhojen ja sateisten talvien aikana maaperä on usein märkä ja sen kantavuus on huono.

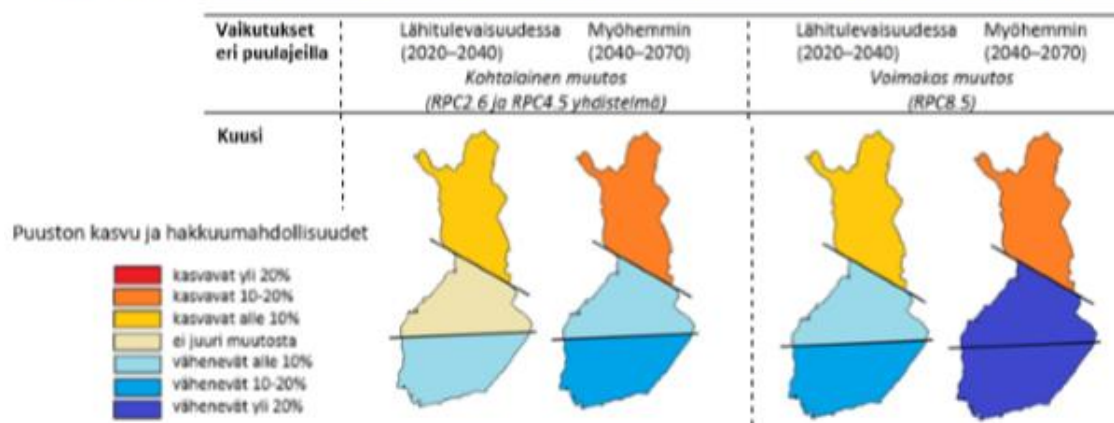
2.2 Ilmastonmuutoksen vaikutus Suomen kasvillisuuteen

Ilmastonmuutoksen ennustetaan muuttavan mm. puulajisuhteita Suomessa ja eliölajien välisiä vuorovaikutussuhteita. Kevään aikaistuminen saattaa muuttaa biologisten ilmiöiden rytmiiikkaa. Vuodenaikojen mukaisessa rytmiiikassa ja eliöiden toiminnan ajoittumisessa ilmenevät muutokset voivat vaikeuttaa esimerkiksi pölyttäjähönteisten ja kasvien välistä vuorovaikutusta. (Ilmastonmuutoksen vaikutukset metsien monimuotoisuuteen 2010.) Osa eliölajeista hyötyy ilmaston lämpenemisestä ja kasvukauden pitenemisestä. Pohjois-Suomessa metsärajalla elävät lajit ovat sen sijaan haavoittuvaisia ja sopeutuvat heikosti muutoksiin, koska ovat riippuvaisia lumipeitteestä ja viileämmästä ilmastosta. Tulevaisuudessa osa niistä saattaa hävitä Suomesta kokonaan.

Suomalaisen ilmakehämuutoksen tutkimusohjelma SILMUn tutkimustulosten mukaan havumetsänraja kohoaisi ilmaston lämpenemisen seurauksena tuntu-reilla pari sataa metriä ylemmäksi, kuten se oli jääkauden jälkeisellä lämpö-kaudella 8000-4000 vuotta sitten. Jalot lehtipuut puolestaan levittäytyisivät etelä- ja lounaisrannikon tuntumasta kohti pohjoista ja lehtipuut yleistyisivät koko Suomessa. Tämän seurauksena jalojen lehtipuiden tuholaiset voisivat myös yleistyä Suomessa. Koivusta tulisi Etelä-Suomessa paljon yleisempi kuin se on nykyään, mutta Ylä-Lapin koivuvyöhyke saattaisi mahdollisesti ka-ventua. Kasvillisuus monipuolistuisi, mutta Pohjois-Suomen varpu-, sammal- ja jäkäläkasvustot taantuisivat ja tunturilajeja saattaisi hävitä. (Keskitalo 2005.) Kuusivaltaisuus vähenee etenkin Etelä-Suomen metsissä ja lehtipuiden osuus kasvaa huomattavasti. Pitkällä aikavälillä kuusi menestyy koivua ja muita lehti-puita paremmin enää vain kosteilla ja soisilla alueilla. Mänty ja koivu yleistyvät kuivemmilla alueilla. (Ilmastonmuutoksen vaikutukset metsien monimuotoisuu-teen 2010.)

Nopealla aikavälillä tulevat suuret muutokset kasvuoloissa altistavat puut stressille ja heikentävät niiden puolustuskykyä tuholaisia vastaan. Stressaavin tilanne puille on, jos ilmaston ääri-ilmiöt lisääntyvät, varsinkin jos säät poikkeavat suuresti siitä, mihin puut talvikaraistumisrytminsä avulla ovat luontaisesti sopeutuneet. Kuva 1 esittää ilmaston lämpenemisen aiheuttamia muutoksia puuston kasvussa, esimerkkilajina kuusi. Vertailussa on käytetty rinnakkain eri ilmastoskenaarioiden ennusteita.

Ilmastonmuutoksen vaikutuksia puuston kasvuun



Kuva 1. Puuston kasvu ja hakkuumahdollisuudet tulevaisuudessa (Koistinen 2019)

Jos ilmastoskenaarioiden RPC2.6 ja RPC4.5 yhdistelmä toteutuisi, se aiheuttaisi kohtalaisia muutoksia kuusen kasvussa ja hakkuumahdollisuuksissa. Lähitulevaisuudessa (2020-2040) ei suuria muutoksia juuri tapahtuisi, pidemmällä aikavälillä (2040-2070) kuusen kasvu ja hakkuumahdollisuudet vähenisivät Etelä-Suomessa 10-20 % ja lisääntyisivät puolestaan Pohjois-Suomessa yhtä paljon. Keski-Suomessa ei suurta muutosta tapahtuisi. Jos taas ilmastoskenaario RPC8.5 toteutuisi, muutos olisi voimakas etenkin pitkällä aikavälillä (2040-2070). Silloin kuusen kasvu ja hakkuumahdollisuudet vähenisivät sekä Etelä- että Keski-Suomessa yli 20 % ja kasvaisivat Pohjois-Suomessa 10 - 20 %. (Koistinen 2019.)

Puiden sopeutumisongelmista huolimatta ilmastonmuutoksen odotetaan nopeuttavan männyn kasvua ainakin Pohjois-Suomessa. Etelä-Suomessa mätymetsät joutuvat kuitenkin osittain väistymään koivikoiden tieltä. Yksi puiden kasvua rajoittava tekijä voi olla tulevaisuudessa otsonipitoisuuden suureneminen alailmakehässä. Suomalaisen tutkimusohjelma FINSKENin tekemien kaikkien ilmastoskenaarioiden mukaan otsonipitoisuudet kasvavat vuosisadan puoliväliin mennessä niin paljon, että Etelä-Suomen metsiin tulee vaurioita. Näin tapahtuu, vaikka ympäristönsuojelu olisi yleismaailmallisesti tehokasta. (Keskitalo 2005, 166.) Vuoden 2019 uusimmat mittaukset ovat osoittaneet, että otsoniaukko on pienentynyt stratosfääriin yllättävän lämpenemisen seurauksena. Vielä ei voida kuitenkaan varmuudella sanoa, liittyykö tämä ilmastonmuutokseen. (Tiede 2019.)

2.3 Ilmastonmuutos ja tuhot

Lämmön ja sateiden lisääntyminen lisää myös puiden riskiä joutua alttiiksi tuhohyönteisten tai sienitautien iskuille. Tuhohyönteiset näyttäisivätkin hyötyvän ilmastonmuutoksesta, kun taas nisäkkäiden kohdalla muutoksia on vaikeampi ennustaa niiden pidemmän eliniän vuoksi. Hyönteisten elinkierto on nisäkkäisiin verrattuna huomattavasti nopeampi, ja niiden sopeutumiskyky muutoksiin on siten myös parempi. Monien tuhohyönteisten leviämistä ovat tähän mennessä Suomessa rajoittaneet pakkastalvet. Talvilämpötilojen ei tarvitsisi paljoakaan nousta, että esimerkiksi ruskomäntypistiäinen pääsisi levittäytymään pohjoisemmaksi. (Keskitalo 2005, 166.)

On kuitenkin muistettava, että eliöiden reagointi on lajikohtaista: vaikka ympäristöolosuhteet muuttuisivatkin suotuisiksi, jokin muu tekijä voi rajoittaa tuholaislajin leviämistä. Esimerkiksi suurimmat bioottiset tuhot metsätaloudelle vuosittain aiheuttava hirvi ei välttämättä sopeudu nopeasti muuttuvaan ilmastoon, vaikka lumipeitteen oheneminen helpottaisikin sen liikkumista ja ilmastomuutos toisi lisää ravintoa kasvukauden pidentymisen myötä. Hirvi on sopeutunut viileään ilmastoon, eikä näin ollen kestä lämpeneviä olosuhteita, vaan kärsii lämpöstressistä. (Matala 2019.) Jos hirvikanta tulevaisuudessa siirtyy kohti pohjoista Suomea, tällä on huomattava vaikutus metsien rakenteeseen ja puulajisuhteisiin. Hirvi on vaikuttanut paljolti siihen, miltä metsämme nykyään näyttävät. (Riistaeläinkannat ja niiden hoito- muutoksen aika? 2011.)

Toisaalta ei myöskään voida vielä arvioida mikä on pienempien hirvieläinten, kuten metsäkauriin ja valkohäntäpeuran vaikutus niiden levittäytyessä etelästä muualle Suomeen. Myös muiden nisäkäslajien esiintymistä Suomessa tulevaisuudessa on vaikea arvioida, koska saalis-saalistaja-suhteet ovat hyvin mutkikkaita ja vaikeasti ennakoitavissa. Tässä opinnäytetyössä käsiteltäviin hirvieläimiin ja myyriin vaikuttavat lämpötilan nousun lisäksi muutokset ravintokasveissa, lumipeitteessä ja mahdollisesti muuttuvat peto-saaliseläin-suhteet.

3 HIRVIELÄIMET JA ILMASTONMUUTOS

3.1 Hirvi ja ilmastonmuutos

3.1.1 Hirvi metsätuhojen aiheuttajana

Hirvi (*Alces alces*) on pohjoisiin oloihin sopeutunut suuri nisäkä, joka tulee toimeen jopa Lapin pohjoisosissa. Hirven paksu karvapeite muodostuu ontoista, lämpöä eristävistä karvoista. Isolla eläimellä on vähän lämpöä haihduttavaa pintaa suhteessa sen painoon, ja se liikkuu pitkien koipiensa ja suurien sorkkiensa ansiosta vaivatta niin paksussa hangessa kuin upottavilla suomailakin. (Valste 2007, 141.)

Hirvi on varttuneiden havu- ja lehtipuutaimikoiden merkittävin tuhoeläin. Kannan koko vaikuttaa suuresti hirvituhon runsauteen. Hirvikanta on vaihdellut maassamme vuosien saatossa. Vuosisadan alusta 1950-luvulle asti hirvi oli

vielä harvalukuinen metsien asukki, mutta 1960-luvun alussa hirvikanta lähti kasvuun rauhoituksen ja lisääntyneen metsänuudistamisen ansiosta. Hirvikanta taantui muutamaksi vuodeksi, mutta tämän jälkeen se jatkoi kasvuaan 1980-luvun alkuun saakka, jolloin talvikanta oli lähes 100 000 yksilöä. 2000-luvun aikana kanta on metsästyksen myötä laskenut n. 85 000 yksilöön. (Hirvi 2013.)

Hirvillä on erikseen kesä- ja talvielinpiirit eli ns. kesä- ja talvilaitumet. Myös ravinnonkäyttö vaihtelee vuodenaikojen mukaan. Kesäisin hirvien suosimissa elinympäristöissä korostuvat nuoret muut kuin mäntyvaltaiset metsät sekä varttuneet ja uudistuskypsät metsät. Ylipäättään metsät, joissa ei ole valtalajina mänty, ovat tärkeimpiä hirvien elinympäristövalinnoissa. Kesäelinpiirit sisältävät myös enemmän vesistöjä, peltoja ja asutusta kuin talviset elinpiirit. Myös latvuspeittävyys on huomattu olevan tärkeä hirville kesäisin. Tiheälatsuksiset varttuneet metsät suojaavat hirviä sekä lämmöltä että vassoja peidoilta. Talvisin hirvet taas suosivat nuoria metsäluokkia ja männyn taimikoita, joiden läheisyydessä on runsaasti suuria puita. Taimikoista saadaan ravintoa, ja suuret puut suojaavat lumelta. (Rinne 2017.)

Hirven tärkein ravintokasvi on talvisin mänty. Männyn syönti alkaa lokakuussa ja talven mittaan neulas- ja oksamassa muodostavat pääosan ravinnosta. Hirvi voi napsia pieniäkin taimia, mutta runsaimmin ravintoa on tarjolla 3-4-metrisissä taimikoissa, joista syödään sivuoksaravintoa. Muita ravintokasveja talvella ovat koivu, haapa, pihlaja ja pajut. Leppää ja kuusta hirvi syö harvoin. Kesäaikaan hirvi ei juurikaan mäntyä syö, mitä nyt saattaa napsia joitakin versoja paikallisesti. Pieniä taimia voidaan haukata ohimennen mättäiltä tai auranpalteista. On kuitenkin harvinaista, että hirvi söisi kesäisin yli puolimetrisiä männyntaimia. (Heikkilä 1999.)

Kesäisin hirvien pääravinnon muodostavat koivut, pajut, haapa sekä mustikka. Maitohorsma on suurta herkkua kesäisin. Kesän mittaan koivuja hyödynnetään eri tavoin ravinnoksi. Touko- ja kesäkuussa syödään koivunlehtiä läheltä valikoimatta, mutta loppukesällä latvuslehtien osuus kasvaa huomattavasti. Tällä on vaikutusta hirvituhojen kohdentumiseen nuorissa metsissä, joissa koivut ovat sukkessiovaiheen ensimmäisiä puulajeja. Muita yleisiä ravintokasveja hirvillä ovat kesäisin pihlaja, haapa, korpipaatsama, vadelma ja

kanerva. (Rinne 2017.) Hirvi muokkaakin merkittävästi Suomen metsäekosysteemin rakennetta ja toimintaa. Haapaan ja pihlajaan kohdistuva ravinnonkäyttö vaikuttaa metsien monimuotoisuuteen myös luonnonsuojelualueilla.

Pahimpia hirvituhot ovat sellaisina talvina, jolloin lumipeite tulee aikaisin ja sitä on runsaasti. Tällöin hirvet pysyttelevät talvilaitumillaan pienellä elinpiirillä ja vähäinenkin hirvikanta voi saada aikaan suuria vahinkoja paikallisesti. (Miten ilmastonmuutos heijastuu myyriin ja hirvieläimiin? 2012.) Hirvien lisäksi myös metsäkauriiden laidunnuksen on havaittu muuttavan kasvillisuuden koostumusta niiden elinalueilla. Vastaavia havaintoja on tehty myös runsastuneesta valkohäntäpeurakannasta. (Heikkilä & Härkönen 2007.)

Metsästäjät ja maanomistajat ovat havainneet Perämeren rannikolla, että yhä useampi hirvi jää talveksi rannikolle, eikä suinkaan suuntaa sisämaahan talvilaitumille. Kesäisin hirvet viihtyvät rannikolla, mutta talvisin, kun ruokaa on vähemmän, ne vaeltavat sisämaahan. Metsästäjien mukaan ilmastonmuutos on viivästyttänyt talven tuloa Perämeren rannikolla, jolloin hirvet jäävät rannikolle, kun ruokaa vielä riittää. Kun lumi sitten tulee rannikollekin, hirvet eivät enää kuluta energiaa siirtyäkseen sisämaahan, vaan jäävät syömään rannikolle männyntaimen latvoja. Puseniuksen (2017) mukaan hirvien vaeltaminen on tosiaan vähentynyt, mutta asiaa ei ole vielä tarkemmin tutkittu.

3.1.2 Ilmastonmuutoksen vaikutus hirven fysiologiaan

Ilmastonmuutoksen on todettu aiheuttavan hirvelle lämpöstressiä, joka kuluttaa sen energiaa ja heikentää sen selviytymistä. Lämpöstressin vaikutuksista hirviin on toistaiseksi ristiriitaisia tuloksia, mutta on ennustettu, että tämän seurauksena hirvikantojen painopiste siirtyisi tulevaisuudessa pohjoisempaan Suomeen. (Miten ilmastonmuutos heijastuu myyriin ja hirvieläimiin? 2012.) Metsästäjät ja tutkijat ovat huomanneet viime vuosina muutoksia mm. hirvien vasapainoissa ja niiden talvilaidunkäytöksessä. Lämpöstressiin ei vaikuta pelkästään kesälämpötilojen, vaan myös talvilämpötilojen ja vuoden keskimääräisen lämpötilan nousu.

Syynä vasapainon huomattavaan laskuun on pidetty ilmastonmuutosta. Sanomalehti Karjalaisen artikkelin mukaan Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen

yhdellä tutkimusalueella vasat painoivat 1990-luvun alussa vielä lähes 90 kiloa, viime vuosina enää 65 kiloa. Hirvitutkijan mukaan hirven otollisin ruoka-aika jää lämpiminä kesinä lyhyeksi ruohovartisten kasvien nopean kasvun takia. Syynä vasojen laihtumiseen voi olla myös lämpimämmän ilmaston aiheuttama loiseläinten lisääntyminen. Lisäksi hirvi joutuu käyttämään osan energiastaan lämmönsäätelyyn lämpöstressin takia. Kaikki tämä lisääntynyt energiankäyttö on pois hirven kasvusta. Metsäntutkimuslaitoksen tutkimuksissa onkin havaittu, että hirvet hakeutuvat kohti pohjoista, viileämmille alueille. (Turun Sanomat 2012.)

Matalan (2019) mukaan hirvien vasapainot ovat laskeneet erityisesti rannikkoseudulla. Tämä voi johtua ilmastonmuutoksen suorista vaikutuksista, kuten lämpöstressi; ja epäsuorista vaikutuksista, esim. kasvillisuus muuttuu, sen hyvyys ravintona muuttuu; tai esimerkiksi muut hirvieläimet runsastuvat, josta seuraa ravintokilpailua hirven kanssa.

Hirvi alkaa saada lämpöstressin oireita kesäisin lämpötilan noustessa yli 14 asteen ja vastaavasti talvisin lämpötilan ylittäessä viisi astetta. Talvella tämä johtuu siitä, että hirven talvikarva on kesäkarvaa paksumpi ja eristää lämpöä entistäkin paremmin. Sama talviturkki pitää hirven lämpöisenä jopa -40 asteen pakkasessa. Hirvi on sopeutunut pohjoisiin oloihin kaikkia elintoimintojaan myöten, jopa hirven ruuansulatus toimii talvisin eri tavalla kuin kesäisin. Koska talviolosuhteet ovat ravinnon kannalta Suomessa niukat, hirven elimistö joutuu sopeutumaan talveksi energiansäästöön. Energiaa säästetään supistamalla elintoimintoja. Hirven hormonitoiminta muuttaa aktiivisuutta ja ravinnonotosta huolehtivien elinten rakennetta. Nämä muutokset tapahtuvat vuodenaikaiskeloa noudattaen. (Heikkilä 1999.)

Melinin (2015) väitöskirjatyössä tutkittiin tarkemmin lämpötilan aiheuttamia muutoksia hirvien käytöksessä. Gps-pantaseurannan ja laserkeilauksen yhdistäminen mahdollisti sen, että voitiin seurata minkä tyyppisissä metsissä hirvet liikkuvat eri vuoden- ja vuorokaudenaikoina. Melinin tutkimuksessa havaittiin, että kuumina kesäpäivinä hirvi joutui hakeutumaan sille epätyypillisiin metsiin saadakseen suojaa lämpöstressiä vastaan. Tällaiset alueet olivat metsiä, joissa latvusto oli huomattavan korkea ja tiheä. Kuumimpina päivinä hirvien havaittiin viettävän jopa 12 tunnin mittaisia jaksoja latvustojen alla suojassa

auringon paahteelta. Öisin hirvet taas siirtyivät nuoriin metsiin ja taimikoihin ruokailemaan. Hirvien lämpöstressillä on siten myös vaikutuksia niiden aiheuttamiin metsätuhoihin, koska ne joutuvat muuttamaan niiden tyypillisiä oleskelu- ja ruokailupaikkoja lämpötilojen mukaan.

Jos talvisadanta tulee lisääntymään ilmastonmuutoksen seurauksena, se saattaa lisätä hirven ahdinkoa entisestään. Ilmaston leudontuminen Etelä- ja Keski-Suomessa pakottaa hirvet siirtymään kohti pohjoista, jossa sade todennäköisesti tulisi lumena. Lumipeitteen paksuneminen taas vaikeuttaisi hirvien liikkumista, jolloin se olisi helpompi saalis susille. Lisäksi paksu lumipeite vaikeuttaisi ravinnonsaantia. Jos taas lumipeite ohenee, hirvet voivat liikkua laajemmilla alueilla ja tällöin taimituhotkin levittäytyisivät tasaisemmin laajemmalle alueelle. Tällä olisi merkittäviä vaikutuksia metsätalouteen ja puulajisuhteisiin, sillä lehtipuiden kasvu aikuisiksi vaikeutuisi ja mänty voisi taantua suhteessa kuuseen. (Riistaeläinkannat ja niiden hoito- muutoksen aika? 2011.)

Ilmastonmuutos tuo tullessaan myös erilaisia loiseläimiä ja sairauksia, joista on haittaa hirvälle. Yhdysvalloissa hirvikanta on jo romahtanut lämpenevän ilmaston seurauksena. New Hampshiren ja Mainen osavaltioissa punkkipopulaatio on räjähdysmäisesti kasvanut, ja hivistä on löydetty satojatuhansia punkkeja, jotka kirjaimellisesti imevät hirvet kuiviin. Grönlannissa puolestaan hyttysten valtava lisääntyminen ilmaston lämpenemisen seurauksena on aiheuttanut vastaavan ilmiön hirvensukuisten karibujen kohdalla: hyttysten takia osa karibujen vassoista on jopa kuollut. (Nikkanen ym. 2017, 26.) Punkkien, hirvikärpästen ja hyttysten määrien lisääntyminen Suomessa voisikin selittää osaltaan hirven vassojen painon laskua.

Hirven uhkana on lämpöstressin ja loiseläinten lisäksi hirvien näivetystauti, CWD (chronic wasting disease). Näivetystauti on hirvieläinten hitaasti etenevä ja aina kuolemaan johtava sairaus. Se kuuluu prionitauteihin ja on sukua hullun lehmän taudille (BSE-tauti). Hirvieläimillä on myös muita samaan ryhmään kuuluvia TSE-tauteja (tarttuva huokoinen aivosairaus, transmissible spongiform encephalopathy). CWD-tauti havaittiin 1960-luvulla USA:ssa ja sieltä se on levinnyt myös Kanadan puolelle. Tautia esiintyy hirven lisäksi muissakin hirvieläimissä. Euroopan ensimmäiset tautitapaukset todettiin v.2016 Norjassa

ja vuonna 2018 Suomessa todettiin ensimmäinen hirvieläinten TSE-tautitapaus. (Ruokavirasto 2019.) Suomesta löytynyt tautimuoto ei kuitenkaan ollut hirvestä toiseen tarttuvaa laatua.

Pohjois-Amerikassa tauti on 15:n viime vuoden aikana lisääntynyt, ja sairastuneiden hirvien määrä on kasvanut räjähdysmäisesti. Tämä voi olla osasyynä siihen, että tauti on kulkeutunut Atlantin tälle puolelle. Norjalaiset ja ruotsalaiset biologit seuraavatkin nyt tartunnan saaneiden eläinten määrää tarkasti, ettei koko Euroopan hirvieläinkanta vaarantuisi. (Poulside 2017.) Myös Suomessa näivetystaudin tilannetta seurataan ja kaikista poikkeavista hirvieläinten kuolemista on ilmoitettava Ruokavirastolle.

3.1.3 Hirvituhojen torjunta

Hirvikannan tiheydessä on suurta vaihtelua maan eri osien välillä, etenkin pohjois - eteläsuunnassa. Tähän vaikuttaa mm. hirvikannan koon ja käytettävissä olevien ravintovarojen välinen suhde. Täten myös hirvien aiheuttamissa tuhoissa ja hirvivahinkoriskeissä on suurta alueellista jakautumaa. Niillä alueilla, joissa riski on suuri, olisikin muistettava, että metsien käytöllä vaikutetaan hirvien elinpiirien ominaisuuksiin. Erilaisilla metsänhoitomenetelmillä voidaan siis ohjata hirvien ravinnonkäyttöä ja vahinkoriskin muodostumista. (Heikkilä & Härkönen 2007.) Esimerkiksi metsä eri-ikäisrakenteisessa eli jatkuvassa kasvatuksessa ei ole läheskään niin altis hirvivahingoille kuin tasaikäisrakenteisuuteen perustuvassa metsänkasvatuksessa, koska hirville ravinnoksi sopivia puuntaimia on vähemmän tarjolla.

Suomessa on metsänhoidossa korostunut mäntyjen istutustaimikoiden perustaminen. Arvioiden mukaan mäntytaimikoissa runkojen alaosaan jäävät hirvenvioletukset tulevat viemään suuren osan männyn tukkiosuudesta tulevaisuudessa. Suhteellisen runsas hirvikanta ja hirvituhojen riskit saattavat Etelä-Suomessa rajoittaa metsänkasvatuksen vaihtoehtoja ja tämä aiheuttaa metsänomistajille taloudellista vahinkoa, jota kukaan ei kuitenkaan korvaa. Ruotsissa, jossa on jo pitkään ollut todella runsas hirvikanta, on huolestuttu puustojen piilevistä laatuvioloista, jotka ovat alkaneet tulla esille. Jo kertaluonteinen, ulospäin lievältä näyttävä rankavaurio voi arvioiden mukaan vähentää 30 % parhaan sahatavaralaadun saantoa. (Heikkilä & Härkönen 2007.)

Hirvituhojen vähentämiseksi on metsänhoidossa ollut tapana lisätä kuusikoiden osuutta. Kun hirvitiheys kuitenkin halutaan pitää ennallaan, hirvien laidunnuspaine nousee entisestään alueen mänty- ja koivutaimikoissa. Tutkijat ovatkin sitä mieltä, että hirvien kuusivaltaisilla alueilla aiheuttamien vahinkojen pitäisi toimia varoittavana esimerkkinä. Mitä enemmän kuusikoiden osuutta lisätään, sitä hanakammin hirvet hakeutuvat lähialueiden mänty- ja koivutaimikoihin ruokailemaan, koska eivät saa sopivaa ravintoa kuusikoista. Oleellista olisiikin vähentää hirvikantaa niiltä alueilta, joissa sitä on runsaasti. Heikkilä & Härkönen (2007) toteavat: ”On ilmeistä, ettei näitä hirvien kannalta luonnollisia elinpiiritekijöitä oteta riittävästi huomioon mitoittaessa hirvisaalistavoitteita. Hirvikanta tulisi sopeuttaa nykyistä tarkoituksenmukaisemmin maan eri osissa metsäpinta-alojen, taimikoiden osuuksien ja erilaisten vahinkoriskien mukaisesti.”

Hirvituhojen torjunnan kannalta olisi oleellista ymmärtää hirvien käytöstä ja ohjata sitä haluttuun suuntaan. Jos halutaan kasvattaa mäntytaimikoissa lehtipuusekoitusta, on syytä muistaa, että liian tiheä lehtipuuosuus houkuttaa hirviä. Etenkin jos mäntytaimikossa koivu pääsee etukasvukseksi, on se melkoinen hirvien houkutin. Koivun varjossa kituuttava männynntaimi maistuu huomattavasti paremmin kuin valossa kasvanut mänty, sillä se sulaa ravinnoksi nopeammin hirven elimistössä. Harvemmassa kasvavat koivuntaimet mäntytien seassa eivät haittaa, päinvastoin niistä voi jopa olla hyötyäkin, sillä ne lisäävät saatavilla olevan ravinnon määrää. Taimikonhoito tulisi ottaa alusta asti vakavasti, sillä lehtipuiden alle jäävät männynntaimet joutuvat nopeasti hirvien suihin. (Heikkilä 1999.) Myös Nikulan (2017) mukaan pitkät lehtipuut mäntytaimikossa lisäävät hirvituhoja, mutta vain silloin kun lehtipuut ovat selvästi mäntyjä pidempiä ja kasvavat männyn vieressä. Muiden lehtipuiden poistaminen taimikosta ei ole tarpeellista.

Nikulan (2017) mukaan voimakas maanmuokkaus ja männyn kasvatus ravinteikkailla mailla lisäävät hirvituhojen riskiä. Maanmuokkaus saattaa parantaa männynntaimien makua. Hirvet suosivat sekä kesällä että talvella elinympäristöjä, joissa on runsaasti ja monipuolisesti erilaisia ravinnoksi kelpaavia kasveja. Eniten niitä kasvaa ravinteikkailla mailla, ja siellä myös suurin osa hirvi-

tuhoista tapahtuu. Hirvi myös arvostaa ruokarauhaa: kahden kilometrin säteellä asutuksesta ja teistä hirvivahinkoja on havaittu vähemmän. Suurin riski hirvituhoihin on siis mäntytaimikoissa, jotka ovat kivennäismailla ja kaukana asutuksesta ja liikenteestä.

Männylle paras kasvupaikka olisikin valoisa ja kuiva tai kuivahko kangasmaa, jossa se kasvaisi tiheänä joko luontaisesti siemenpuista tai kylväen uudistamalla. Mitä tiheämpi mäntytaimikko, sitä varmemmin se välttyy suurilta hirvivahingoilta. Kylväen tai luontaisesti uudistamalla saadaan helposti 6000-10 000 taimen lähtötiheys. Näin tiheässä taimikossa hirvituhot jäävät todella pieniksi ja lisäksi tiheässä kasvaminen vähentää mäntyjen oksaisuutta sekä parantaa laatua. Parasta olisi, jos hakkuualan kulottaisi, jolloin vesasyntyisen koivun ja muun lehtipuun määrä vähenisi. (Heikkilä 1999.)

Jos hakkuualalla kasvaa haapoja ja haluaa uudistusalalle istuttaa mäntyä, on syytä harkita, kannattaako haavat kaataa vai jättääkö ne pystyyn ja kaulaa ne. Jos haavat kaataa, niiden juurivesakot houkuttelevat takuuvarmasti hirvet paikalle. Samalla hirvet myös syövät pienet, istutetut männynaimet. Lisäksi haapavesakko edesauttaa männynversoruosteen leviämistä, koska haapa on sienien väli-isäntä. Isojen haapojen pystyyn jättäminen palvelee sekä luonnon monimuotoisuutta että säästää vesaongelmalta. (Heikkilä 1999.)

Koivu maistuu hirville läpi vuoden, ja suurin osa koivutaimikoista joutuukin hirvituhojen kohteeksi. Yksi syy tähän on myös se, että hirvitiheyksiin nähden koivuntaimikoita on melko vähän. Koivunkin kohdalla kannattaisi hyödyntää luontaista uudistamista ja lisätä taimitiheyttä. Huolellinen kylvötyö mustikkatyyppin metsämailla on tuottanut hyviä tuloksia hirvituhojen vähenemisen suhteen. Kuitenkaan alueilla, joissa on vakituinen hirvikanta, ei ole kannattavaa viljellä koivua tai muitakaan lehtipuita, ellei niitä suojaa kunnolla esimerkiksi sähköaidalla tai nauha-aidoilla. (Heikkilä 1999.)

Hirviä voidaan myös ohjata haluttuihin paikkoihin ruokailemaan säilyttämällä niille tyypillisiä ruokailupaikkoja. Kosteiden alueiden pajukot ovat hirville parhaita ruokailupaikkoja, ja niitä tulisikin säästää nykyistä enemmän. Suolakivien avulla hirviä voidaan houkutella ruokailemaan esimerkiksi sellaisissa nuorissa

männiköissä, joissa vain mäntyjen sivuoksat ovat hirvien ulottuvilla. Myös hakuiden ajoittaminen keski- ja lopputalveen näyttäisi vähentävän taimikkotuho-riskiä, jos hakkuut toistuvat useana vuonna peräkkäin. Hakkuilta saatava latvusravinto kelpaa hirville hyvin, ja talvella ne pärjäävät sillä pitkiä aikoja. (Heikkilä 1999.)

Ilmastonmuutoksen myötä koivun ja muiden lehtipuiden osuus Suomen metsissä kasvaa, ja myös jalopuiden määrä lisääntyy. Jalopuista hirville maisutuvat lehmusta lukuun ottamatta kaikki lajit (Heikkilä 1999). Nähtäväksi jää, miten lisääntyvä lehtipuutarjonta vaikuttaa hirvien ruokailutottumuksiin ja miten paljon hirvi muokkaa metsiämme puulajivalikoimaa tulevaisuudessa.

3.2 Metsäkauris ja valkohäntäpeura valtaavat alaa Suomessa

Hirvieläimiin kuuluva metsäkauris (*Capreolus capreolus*) levisi Suomeen Ruotsista Tornionjoen itäpuolelle 1950-luvun alussa. Se yleistyi nopeasti Perämeren perukan rannikoilla. Saariin kehittyi vankka kauriskanta, ja 1970- ja 1980-luvuilla kauriita siirrettiin menestyksekkäästi Etelä-Suomeen, josta se on jatkanut leviämistään sisämaahan. (Valste 2007, 146, 147.)

Metsäkauriit käyttävät ravintonaan pääasiassa ruohoja ja heiniä, viljaa, männyn ja kuusen kärkiversoja taimista, pensaiden silmuja, lehtiä ja ohuita versoja sekä kanervaa. Runsas metsäkauriskanta voi aiheuttaa suuriakin vahinkoja havupuutaimikoissa, kuten on käynyt mm. Ruotsissa. (Valste 2007, 147.)

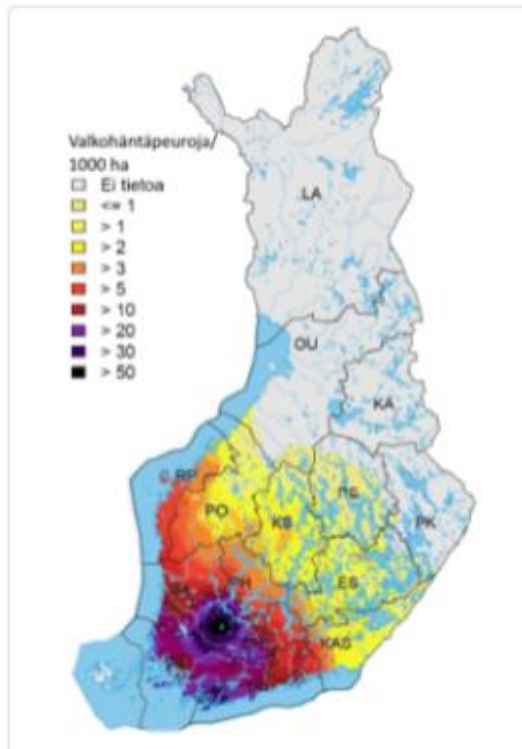
Ruotsissa metsäkauriit ovat aiheuttaneet tuhoja myös lehtipuiden nuorille taimille. Kauristiheyden ollessa korkealla koivun ja muiden puulajien viljelmät ovat niiden ruokapaikkoja vuoden ympäri. Yhdellä kertaa kauris ei taimelle suurta vahinkoa aiheuta, sillä se taittaa siitä latvan vain ohueen läpimittaan asti. Jos syönti kuitenkin jatkuu pidempään, taimi alkaa muuttua pensasmaiseksi. (Heikkilä 1999, 78.)

Metsäkauris on valikoiva herkuttelija, joka talvisaikaan napsii männyn ja kuusen pienimpiä taimia uudistusaloilla ensimmäisestä vuodesta lähtien. Kun taimet alkavat puutua ja paksuuntua, ne eivät enää kelpaa. Metsäkauris valitsee

taimista typpipitoisimmat. On arveltu, että metsäkauris söisi havupuiden taimia talvisin saadakseen niistä kosteussisää. (Heikkilä 1999, 78.)

Metsäkauris valloittaa Suomea vauhdilla ja hyötty ilmastonmuutoksesta. Suurin este sen levittäytymiselle keskisempään Suomeen on ollut tähän mennessä runsas lumipeite, joka vaikeuttaa sen liikkumista ja ravinnon saantia. Paksussa hangessa metsäkauris on helppo saalis ilvekselle, joka onkin verottanut metsäkauriskantaa jonkin verran. Jos ilmaston lämpenemisen seurauksena lumeton aika lisääntyy ja talvet muuttuvat vähälumisemmiksi, edistää tämä kauriin leviämistä uusille asuinalueille. Hirven väistyessä pohjoisemmaksi metsäkauris valtaa sen jättämän tyhjiön yhdessä valkohäntäpeuran kanssa. (Miten ilmastonmuutos heijastuu myyriin ja hirvieläimiin? 2012.)

Valkohäntäpeura (*Odocoileus virginianus*) on alun perin kotoisin Yhdysvalloista, josta se on siirretty vuonna 1934 Suomeen. Muutamasta eläimestä alkunsa saanut kanta on kasvanut valtavasti. (Valste 2007, 137.) Luonnonvarakeskuksen kanta-arvio 2017-2018 oli 98 000 valkohäntäkaurista (Valkohäntäpeurojen määrä yhä voimakkaassa kasvussa 2018.) Kuvassa 2 näkyy valkohäntäpeurojen määrä Suomessa vuonna 2018. Kuten metsäkauriskin, valkohäntäpeura on hyötynyt ilmastonmuutoksesta ja lisäksi talviruokinnasta. Ainoa este sen levittäytymiselle vieläkin laajemmalle Suomeen on paksu lumipeite talvisin.



Kuva 2. Valkohäntäpeurojen määrä Suomessa (Luonnonvarakeskus 2018)

Valkohäntäpeura syö kesäisin ruohokasveja, kuten maitohorsmaa, ja syksyisin mielellään sieniä. Talvisin maistuvat mustikanvarvut ja paksun lumipeitteen tultua peurat joutuvat syömään puiden kuorta, ohuita oksia ja silmuja. Pihlaja, pajut, koivu, haapa, kataja ja mänty ovat mieluisia ruokapuita. (Valste 2007, 138, 139.)

Metsätuhojen näkökulmasta valkohäntäpeuroille maistuvat lähes kaikki puulajit yhtä hyvin kuin hirvellenkin. Uudistusalojen lehtipuuvesakot houkuttelevat valkohäntäpeuroja paikalle, ja siinä sivussa ne syövät myös pieniä männyn- taimia. Peurat eivät kuitenkaan syö hirven tavoin isompia männyntaimia, joissa on paksuuntuneet oksat. Valkohäntäpeuralle maistuvat sekä raudus- että hieskoivu, ja se on aiheuttanut yhtä paljon tuhoja niin männyn- kuin koi- vuntaimillekin. (Heikkilä 1999.)

Aivan kuten hirvellenkin, myös valkohäntäpeuralle maistuu huonoimmin puula- jeista kuusi. Hirvellä kuusen on todettu aiheuttavan närästystä, joka lienee yksi syy siihen, miksi kuusta syödään harvoin. Kuitenkin lopputalvesta, kun ruokaa on vähiten tarjolla ja talvi on pahimmillaan, valkohäntäpeura saattaa syödä kuustakin. (Heikkilä 1999.)

Vaikka valkohäntäpeura ei olekaan aiheuttanut hirven kaltaisia tuhoja metsissä, sen leviäminen pohjoisemmille, metsävaltaisemmille alueille lisäisi myös tuhoja taimikoissa. Pohjoisemmasta kun löytyy valkohäntäpeuran ja metsäkauriin suosimaa maisemarakennetta, jossa on sopivassa suhteessa peltoja ja metsiä vaihtelevasti.

On kuitenkin huomioitava ilveskannan vaikutus pienempiin hirvieläimiin, sillä metsäjänisten ollessa vähissä saalistuspaine ilvesten taholta keskittyykin nimenomaan metsäkauriiseen ja valkohäntäpeuraan. Monin paikoin pienten hirvieläinten määrät ovat kääntyneet laskuun viime vuosina, ainakin osittain ilvesten vaikutuksesta. (Miten ilmastonmuutos heijastuu myyriin ja hirvieläimiin? 2012.) Myös valkohäntäpeuran ja metsäkauriin kannan kasvun esteenä voi olla tulevaisuudessa samat uhkatekijät kuin hirvelläkin: lisääntyneet loiseläimet ja hirvieläinten näivetystauti.

3.3 Porot ja ilmastonmuutos

Poro (*Rangifer tarandus*) on ihmisen kesyttämä peura, ja se on pohjoisen Suomen tyypillinen hirvieläin. Sen käyttämästä ravinnosta pääosan (80%) muodostavat erilaiset maajäkälät, toiseksi merkittävin ravinnonlähde ovat varvut ja loppuosan ravinnosta muodostavat erilaiset heinät, oksat ja lehdet. Lisääntynyt porojen määrä on vähentänyt jäkälikköjä ja siten vaikuttanut myös merkittävästi pohjoiseen metsäluontoon. Jäkäliköt suojaavat puiden juuria pakkasvaurioilta ja vaikuttavat myös metsien ravinnekiertoon sekä maan lämpö- ja kosteusoloihin. Metsätaloudellisesti porojen aiheuttamat vahingot ovat kuitenkin melko vähäisiä, vaikka porot voivatkin aiheuttaa tuhoja taimikoissa. Lehtipuiden taimet ne saattavat syödä kokonaan ja voivat vioittaa männyntaimia ravintoa etsiessään. (Poro 2013.) Lisääntynyt metsätalous pohjoisessa on pirstonut porojen laidunalueita, ja porojen laidunnus on hankaloittanut taimikoiden lisääntyessä ja niille otollisten vanhempien metsien vähentyessä. Metsätalouden ja poronhoidon maankäytöissä onkin yhteensovittelamista, eikä porojen aiheuttamilta tuhoilta voida välttyä, jos taimikot niiden laidunalueilla lisääntyvät.

Ilmaston lämpenemisellä on poroon samoja negatiivisia vaikutuksia kuin hirveen. Vasojen syyspainot ovat alentuneet erityisen lämpimien kesien jälkeen.

Tämä johtuu hyönteisten aiheuttamasta kiusasta ja stressistä. Lapin räkkäaika on jo muutenkin tarpeeksi piinaavaa aikaa poroille, mutta hyttysten lisäksi kesien lämpeneminen tuo pohjoisempaan Suomeen muitakin loishyönteisiä, kuten hirvikärpäsiä. (Porot ja ilmastonmuutos 2016.)

Muuttuvat sääolosuhteet vaikuttavat ennen kaikkea porojen ravinnonsaantiin, ja porotaloutta pidetäänkin ilmastonmuutoksen negatiivisille vaikutuksille herkkänä elinkeinona. Alkupalven suuret säävaihtelut vaikeuttavat porojen ravinnonsaantia. Jos suojasää ja vesisateet kastelevat lumikerroksen tunturiylängöllä, porojen on vaikeaa kaivaa varpuja ja jäkälää jäätyneen lumen tai jääkerroksen alta. Lisäksi tähän kuluu poroilla ylimääräistä energiaa. Kova jääpeite voi jopa estää kokonaan porojen ravinnonsaannin.

Maaperän heikon routaantumisen seurauksena lumipeitteen alla on lämmintä ja kosteaa, mikä voi lisätä kasvien sienitautien määrää, ja jotkin näistä mikrosienistä tuottavat poroille myrkyllisiä aineita. Talvien vesisateet voivat myös aiheuttaa porojen laitumille hometta. (Poronhoidon reunaehdot muuttuvat 2011.) Vaikeiden jäätalvien jälkeen porot ovat heikkokuntoisia ja vasomistulokset jäävät vähäisiksi. Jo helmi-maaliskuussa heikossa kunnossa olevat vaatimet voivat abortoida sikiönsä. Jos lumi kuitenkin sulaa varhain ja ravinnon saanti helpottuu kevättalvella, se vähentää kuolleisuutta ja helpottaa tilannetta.

Viime vuosina useissa tutkimuksissa on tullut ilmi, että poroilla olisi positiivinen vaikutus ilmastonmuutoksen torjunnassa. Ekologi Elina Kaarlejärvi on tohtorinväitöskirjassaan tutkinut porojen ja muiden kasvinsyöjien kykyä torjua ilmastonmuutoksen vaikutuksia tundralla. Ilmaston lämpenemisen yksi seuraus on eteläisten kasvilajien leviäminen pohjoisemmaksi, jolloin ne voimakaskasvuisempina syrjäyttäisivät tundrakasvit. Tulokaskasvit ovat kuitenkin kookkaampia ja ravintoarvoltaan parempia, joten kasvinsyöjät suosivatkin niitä ruokavaliossaan ja torjuvat siten niiden leviämistä. (Tynkkynen 2014.)

Toinen suomalaistutkimus on osoittanut, että porojen laidunnus lisää hiilensidontaa ja vaikuttaa siten positiivisesti ilmaston lämpenemiseen. Maaseudun Tulevaisuus (2014) esittelee Lapin yliopiston tutkimusta porojen voimakkaan laidunnuksen vaikutuksista tundralla. Tutkimuksen mukaan porojen voimakas laiduntaminen lisää heinäkasvien määrää puuttomalla tundralla. Kun ilmasto

lämpenee, näiltä alueilta vapautuu maaperään sitoutunutta hiilidioksidia vähemmän kuin varpuvaltaiselta, vähän laidunnetulta alueelta. (Maaseudun Tulevaisuus 2014.) Tämä johtuu siitä, että ilmaston lämmetessä nopeakasvuiset heinät pystyvät sitomaan itseensä tehokkaammin hiilidioksidia kuin varpukasvit.

4 MYYRÄKANTOJEN SYKLISYYS JA ILMASTONMUUTOS

4.1 Myyräkantojen vaikea ennustettavuus

Myyrät ovat olennainen osa Suomen luontoa ja selkärangaisyyhteisöä. Niillä on tärkeä merkitys monelle petoeläimelle saaliina, ja lisäksi myyrillä on voimakas vaikutus kasvillisuuteen etenkin sukkession alkuvaiheessa. Myyrät ovat myös metsätalouden tuholaisia ja monien zoonoottisten tautien kantajia. (Huitu 2009.)

Suomessa myyriä on 11 lajia, joista yleisimmät ovat metsämyyrä (*Myodes glareolus*) ja peltomyyrä (*Microtus agrestis*). Myyrät ovat erityisesti pellonmetsitysten ja metsän uudistusalojen ongelma. Pahimmassa tapauksessa myyrät voivat tuhota kokonaan taimikon. (Myyrät 2013.)

Peltomyyrä aiheuttaa valtaosan kaikista myyrätuhoista. Se tekee tuhoja metsitetyillä pelloilla, heinittyneillä istutusaloilla sekä siemenviljelyksillä. Etenkin rehevillä kasvupaikoilla se on ongelmallinen tuholainen. Herkimpiä puulajeja ovat mänty ja koivu, mutta heinittyneillä hakkuualoilla ja metsitetyillä pelloilla se tekee tuhoja kaikille pääpuulajeille. (Myyrät 2013.)

Peltomyyrää esiintyy koko maassa. Pahimmat tuhot ne tekevät talviaikaan ravinnon ollessa vähissä. Peltomyyrä nakertaa taimen kuorta maanpinnan yläpuolelta lumirajaan asti, ja saattaapa se silputa pienen taimen palasiksikin. Vaikka yleisesti ottaen peltomyyrä turvautuukin puun kuoren syöntiin vain talvisin, pellonmetsityksissä esiintyy runsaasti myös kesäaikaista taimien syöntiä. Tämä saattaa johtua joidenkin ravintoaineiden tarpeesta. Jos kuori on syöty taimen rungon ympäri, siitä seuraa taimen kuolema. Lievempi syöntijälki kylestyä aikanaan, mutta puuhun voi jäädä piilevä vika. Vahingoittunut taimi on myös altis muun muassa sienitaudeille. (Myyrät 2013.)

Metsämyyrä on erikoistunut havupuiden silmujen syöntiin. Niitä sen saattaa syödä jopa neljän metrin korkeudesta männyn ja kuusen taimista. Metsämyyrä on Suomen yleisimpiä nisäkäslajeja, ja sitä tavataan monenlaisilla kasvupaikoilla. Silmujen lisäksi se syö myös kasvainten kuorta. Männyllä latvakasvaimen tai kärkisilmun menetys aiheuttaa latvan pensoittumista, latvanvaihtoa ja mahdollisesti myös runkomutkia. Männyllä vioittumisen seuraukset ovat parempia kuin kuusella, joka korvaa menetetyn latvakasvaimen usein vioituskohdan alapuolelta kasvuun lähtevästä leposilmusta. Tästä syystä kuusella ei jää runkoon sellaista laatuviikaa kuten männyllä. (Myyrät 2013.)

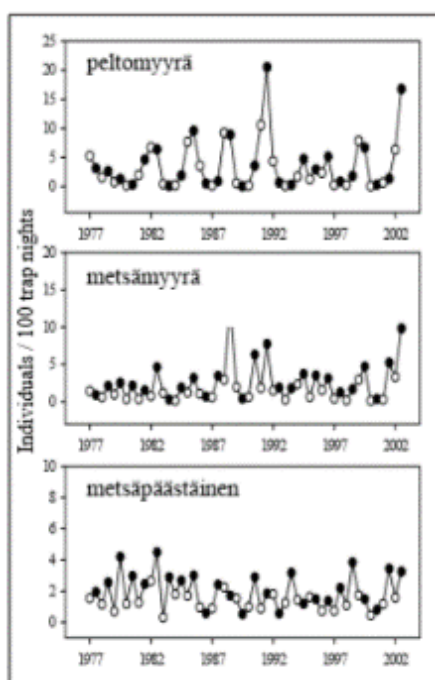
Pohjois-Suomessa **lapinmyyrä** (*Microtus oeconomus*) tekee samanlaisia tuhoja kuin peltomyyrä Etelä-Suomessa. Lapinmyyrä elää etenkin pakettipelloilla ja turvemaidella. Se syö puun kuoren rungon tyveltä, juurenniskasta ja juurista. Edes täysikasvuiset männyt eivät ole turvassa lapinmyyrältä. (Myyrät 2013.)

Vesimyyrä (*Arvicola terrestris*) puolestaan on juuristotuholainen, joka nimensä mukaisesti iskee puihin kiinni etenkin vesistöjen lähetyillä. Se on sekä havu- että lehtipuiden tuholainen, joka katkoo juuria ja kaluaa niitä kuorrettomiksi. Vesimyyrän syömät taimet tunnistaa siitä, että ne ovat kaatuneet tai kallistuneet vinoon. Vesimyyrän erottaa muista myyristä sen tummanruskean värityksen ja suuremman koon takia; vesimyyrä on pienen rotan kokoinen, mutta häntä on kuitenkin lyhyempi kuin rotalla. (Myyrät 2013.)

Vesimyyrä on hyvin paikallinen tuholaislaji, joka viihtyy kesät kosteissa paikoissa ja vesien läheisyydessä, mutta muuttaa syksyisin kuivalle maalle. Se viihtyy eloperäisillä multamailla, jonne kaivaa maanalaisia käytäviä ja kerää kasvinosia talvivarastoihinsa. Jos ruokavarastot loppuvat, se turvautuu puiden juuriin. Vesimyyrän aiheuttamat tuhot voivat jatkua vuodesta toiseen, jos se löytää itselleen sopivan metsikön. (Myyrät 2013.)

Myyrien populaatiosykleissä on suuri vaihteluväli, syklit voivat olla 3 - 4-vuotisia, joka näkyy kuvassa 3. Sykleillä on laaja alueellinen synkronia, ja ajoittain myyräkantojen tiheydet voivat olla todella korkealla, jopa yli 400 - 500 myyräyksilöä hehtaaria kohden. Viime vuosikymmeninä myyräsyklit ovat kuitenkin

hiipuneet maailmanlaajuisesti. Tähän on esitetty lukuisia hypoteeseja, esimerkiksi maisemarakenne, taudit ja ravinnon laatu. Lisäksi yhdeksi syyksi syklien taantumiseen on esitetty ilmastomuutosta. Sillä on useita ekologisia vaikutuksia: ilmastomuutos aiheuttaa muutoksia elinalueilla ja sekoittaa vuodenaikaisrytmiiä. Lisäksi se vaikuttaa populaatio- ja eliöyhteisödynamiikkaan (trofiatasojen väliset vuorovaikutukset). Myyrrien kannanvaihtelujen säännöllisyys ja voimakkuus ovat kuitenkin vaihdelleet Suomessa kautta aikojen, eikä myyrrien kannanvaihtelun ja syklisyyden syitä vielä täysin ymmärretä. (Huitu 2009.)



Kuva 3. Myyräkantojen syklisyys ja synkronia (Huitu 2009)

Viime vuosina Etelä-Suomen myyräkantojen vaihtelut ovat olleet kohtalaisen säännöllisiä, ja säännöllisyys näyttää pitkän poissaolon jälkeen palanneen myös Pohjois-Suomeen. Ilmastomuutos kuitenkin todennäköisesti tulee heikentämään syklisyyttä koko maassa, ja pohjoisessa kannanvaihtelut muuttuvat ennusteen mukaan pääasiassa vuodenaikaisiksi. Eteläisessä Suomessa sitävästoin kannanvaihtelut muuttunevat hyvin vaikeasti ennustettaviksi ja epäsäännöllisiksi. Myyrätiheydet voivat olla ajoittain hyvin korkeita, jolloin taimiturhoriski on erittäin suuri. (Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 2017.)

Henttosen, Huidun & Niemimaan (2019) mukaan näyttää siltä, että myyräkannat ovat runsastumassa kohti huipputiheyksiä Itä-Suomessa ja osin ylimässä Lapissa. Sitä vastoin Keski-Suomessa, Etelä- ja Lounais-Suomessa,

Hämeessä ja Metsä-Lapissa myyräkannat ovat olleet alhaisia talven 2017-2018 jälkeen. Pohjanmaalla myyräkannat ovat romahtaneet. Itä-Suomessa myyrähuippu saavutettaneen syksyllä 2019. Vastoin aiempia ennusteita Etelä- ja Lounais-Suomen myyräkannat kääntyivät laskuun. Itä-Suomeen sen sijaan ennustetaan huomattavaa myyrätuhojen riskiä talvella 2019-2020.

Koska myyrien ikä on verrattain lyhyt ja myös niiden sukupolvenväli on lyhyt, ne näyttäisivät sopeutuvan kohtalaisen hyvin ilmastonmuutokseen. Lisäksi myyrien ravintokasvien kasvu kiihtyy ja biomassa kasvaa, joten ravintoakin on runsaasti saatavilla. Luonnonvarakeskuksen tutkijat tekevät myyrätuhoennusteita, joiden avulla voidaan välttää pahimmat ajankohdat taimien istutuksessa. Luonnonvarakeskuksen mukaan muutoksia myyräkantoihin on tulossa jo ennen vuotta 2030, johtuen siitä, että ilmastonmuutoksella odotetaan olevan suoria vaikutuksia myyrien esiintymiseen. (Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 2017.)

4.2 Myyrä ei stressaannu ilmastonmuutoksesta

Yleisesti on oletettu, että ilmaston lämpeneminen ja sen mukanaan tuomat muutokset ympäristössä aiheuttaisivat ongelmia myyrille. Siparin (2015) väitöstutkimus metsämyyrien talvehtimisestä vaihtelevissa olosuhteissa osoitti, että vaihteleva lämpötila ja olosuhteet eivät aiheuta myyrille odotetun kaltaisia stressireaktioita.

Siparin (2015) mukaan metsämyyrien talvehtimisstrategiaan vaikuttavat monet tekijät, kuten myyräpopulaation sukupuolijakauma. Vaihtelevat talviolosuhteet vaikuttivat mm. myyrien vuorokausirytmiiin, käyttäytymiseen petoriskitilanteissa sekä lisääntymisen aloitukseen talven jälkeen. Myyrät sopeutuivat kuitenkin koetilanteissa muuttuviin sääolosuhteisiin huomattavan hyvin. Tutkimuksen mukaan myyrillä ja muilla pikkunisäkkäillä onkin hyvät mahdollisuudet sopeutua ilmaston lämpenemiseen pohjoisessa.

Myös Ylösen (2018) tutkimuksissa on selvinnyt yllättäviä tuloksia myyrien reaktioista koeolosuhteissa luotuihin vaihteleviin lämpötiloihin. Kokeet osoittivat, että lämpötilojen noustessa ja valon määrän lisääntyessä koiraat olisivat olleet

valmiita aloittamaan aikaisemman lisääntymisen kuvitteellisen kevään koittaessa, mutta naaraat eivät. Evoluution myötä myyrillekin on muodostunut oma aikataulunsa lisääntymisen suhteen. Naaraat aloittavat lisääntymisen vasta, kun se on poikasten selviytymisen kannalta turvallista. Liian aikainen lisääntyminen voisi koitua poikasten kohtaloksi esimerkiksi sulamisvesien valuessa pesään ja sen jäätyessä yöllä.

Myyrien mahdolliseen runsastumiseen tulevaisuudessa vaikuttaa sääolosuhteiden ja ravinnon lisäksi myyriä saalistavien petoeläinten sopeutuminen ilmastomuutokseen. Ylösen (2018) mukaan lumikolla on suuri rooli myyräkantojen säätelyssä. Koska lumikko kuuluu niihin pohjoisen eläimiin, jotka vaihtavat väritystään vuodenaikojen mukaan, se on valkoisessa talviturkissaan lumettomana aikana helppo saalis suuremmille pedoille.

Ylönen (2018) toteaa: ”Ilman myyräkantoja säätelevien lumikkojen harvennusvaikutusta myyrien määrä saattaa kasvaa ja koko myyräsykli muuttua. Jos tämä johtaisi myyräpopulaatioiden kasvuun ilman selviä romahdusvuosia, se tietäisi huonoa metsien uudistusalojen istutustaimille, jotka ovat myyrien herkkua. Kasvavat taimistotuhot voisivat vaikuttaa negatiivisesti muun muassa biotalouteen, johon metsäteollisuus on tehnyt investointeja tulevaisuuden varalle.”

5 ILMASTONMUUTOKSEN VAIKUTUS HYÖNTEISTUHOIHIN

5.1 Hyönteiskantojen voimistuminen

Vaikka muuttuvan ilmaston vaikutukset hyönteisiin ovatkin aina lajikohtaisia, joidenkin tuhohyönteislajien kohdalla ilmastomuutoksen vaikutukset niiden esiintymiseen ja tuhojen lisääntymiseen ovat niin selkeitä, että tuhoriskejä voidaan arvioida. Hyönteisten esiintymiseen vaikuttaa voimakkaasti lämpösumman kertyminen keväällä, koska lämmin kevät nopeuttaa hyönteisten yksilönkehitystä. Jos olosuhteet ovat muutenkin hyönteisille suotuisat, kevään lämpösummat ennustavat hyvin parveiluajankohtia ja tuhojaksojen alkamista. Ilmaston lämmetessä tuhot alkavat entistä aikaisemmin. (Metsät ja ilmastomuutos 2014.)

Ilmaston ääri-ilmiöiden aiheuttama stressi puille heikentää niiden puolustuskykyä ja altistaa niitä tuhohyönteisten hyökkäyksille. Tulevaisuudessa lisääntyvät myrskytuhot takaavat etenkin kirjanpainajille hyvät ruoka-apajat ja lisääntymismahdollisuudet. Leudot talvet puolestaan helpottavat tuhohyönteisten talvehtimista Suomessa. Kuumat ja kuivat kesät suosivat mm. ruskomäntypistiäistä.

5.2 Metsätaloudelle haitalliset hyönteiset lisääntyvät

Merkittävin männyn neulasia tuhoava hyönteinen Suomessa on **ruskomäntypistiäinen** (*Neodiprion sertifer*). Sen levinneisyyteen vaikuttavat keskeisesti kylmät talvet, jolloin männyn neulasissa talvehtivat munat kuolevat. Tämän lisäksi ruskomäntypistiäisen esiintymiseen Suomessa vaikuttavat maaperän kosteusolosuhteet, jotka muokkaavat mäntypistiäisen luonnollisten vihollisten alueellista ja ajallista esiintymistä. (Metsät ja ilmastonmuutos 2014.)

Metsätyypillä on vaikutusta ruskomäntypistiäisten joukkoesiintymien alkamisen todennäköisyyteen: suurin riski tähän on kuivissa ja karuissa metsätyypeissä. Itä- ja Pohjois-Suomessa pistiäisen esiintymistä ovat rajoittaneet talven minimilämpötilat. Talvilämpötilojen kohoaminen kasvattaakin riskiä joukkoesiintymiin juuri näillä alueilla. (Metsät ja ilmastonmuutos 2014.)

Kuluneena kesänä 2019 ruskomäntypistiäisten tekemiä tuhoja on havaittu etenkin Pohjanmaalla, missä ensimmäiset havainnot tuhoista tehtiin jo toukokuussa. Paikoitellen neulasten syönti on ollut ankaraakin, ja tuhoja on havaittu samoilla alueilla kuin kesällä 2018. Yleensä ruskomäntypistiäisen joukkoesiintymiä on 2-3 vuotta samoissa paikoissa, kunnes kanta romahtaa luontaisten tuholaisten seurauksena. Tänä kesänä on tehty havaintoja samoilla paikoilla kuin edellisvuonna, mutta neulasten syöntialueet ovat laajentuneet viime vuodesta. Paikallisia joukkoesiintymiä on yleensä 5 - 6 vuoden välein ja laajoja 20 - 30 vuoden välein. Viimeisimmän laajan joukkoesiintymän seurauksena ruskomäntypistiäinen söi männyn neulasia sadoilta tuhansilta hehtaareilta vuosina 2008 - 2010. (Metsäkeskus 2019.)

Ruskomäntypistiäisen lisäksi Suomessa on kaksi muutakin pistiäislajia, tähtikudospistiäinen ja pulskamailapistiäinen. Pulskamailapistiäinen on vuosikymmenien poissaolon jälkeen ilmestynyt takaisin Suomeen, ja tähtikudospistiäinen on osoittanut runsastumisen merkkejä etenkin kuivina ja aikaisina kesinä.

Pulskamailapistiäinen (*Arge pullata*) luokiteltiin jo kadonneeksi Suomesta sotien jälkeen, ja viimeiset havainnot siitä olivat 1950-luvulta. Syystä tai toisesta se yllättäen ilmaantui takaisin Suomeen vuonna 2005, jolloin se tuhosi koivikkoa Ylämaalla. Erikoinen piirre tässä pistiäisessä on sen toukkien erittäin tämä lophytomin-myrkky, joka on hengenvaarallinen lampaille ja lehmille. Jo viisi grammaa toukkia riittää tappamaan lampaan. (Pulskamailapistiäinen 2013.)

Pulskamailapistiäisen toukat syövät koivuista lehtiä, josta seuraa kasvutappioita, puiden kuivumista ja altistumista seuraustuhoille. Lehtien syönti tapahtuu loppukesällä, eivätkä koivut enää pysty kasvattamaan uusia lehtiä saman kesän aikana. Ylämaalla toukkien pahiten syömät puut eivät jaksaneet kasvattaa lehtiä seuraavana keväänäkään, vaan kuolivat. (Pulskamailapistiäinen 2013.)

Tiedot pulskamailapistiäisestä ovat melko vähäisiä, koska ainoa havainto 1950-luvun jälkeen on Ylämaalla yhdessä koivikossa. Sen joukkoesiintymien syitä ei tarkoin vielä tunneta. Pulskamailapistiäinen näyttäisi kuitenkin hyötävän lämpimistä kesistä ja sen on havaittu runsastuneen ja levinneen Itämeren alueella viime vuosina. (Pulskamailapistiäinen 2013.)

Pulskamailapistiäisen leviämistä Suomessa tulisikin seurata etenkin sen myrkyllisyyden takia. Luonnonvarakeskuksen mukaan lajia voisi mahdollisesti torjua torjunta-aineilla, jotka sisältävät diflubentsuronia. Se estäisi kitiinisynteesin, joka on välttämätöntä toukkien kasvuun. (Pulskamailapistiäinen 2013.)

Tähtikudospistiäinen (*Acantholyda posticalis*) esiintyy Suomessa koko maassa ja on aiemmin ollut harmiton laji, jonka elinkierto on 2-3 vuotta. Tähtikudospistiäinen syö männynneulasia kutomansa seittikudoksen suojusta. Ensimmäinen Suomessa ikinä tunnettu tähtikudospistiäisen aiheuttama tuho-

paus on ollut vuonna 2006 Porin Yyterissä, jossa pistiäinen tuhosi 200 hehtaaria puustoa, tästä 30 hehtaaria oli pahoin vaurioitunutta. Yyterissä tuho jatkuu edelleenkin. (Viiri 2018.)

Aikaisemmin tähtikudospistiäinen on tunnettu tuholaisena eteläisessä Baltiassa ja Puolassa, mutta ilmeisesti kuivat ja aikaiset kesät Suomessa vuosina 2001, 2003 ja 2006 ovat aiheuttaneet muutoksia pistiäisen käyttäytymisessä ja runsastumisessa. Virossa tähtikudospistiäinen on aiheuttanut tuhoja vuonna 2008. Siellä 821 hehtaaria männikköä on vaurioitunut ja tuhot jatkuvat edelleen. Latviassa puolestaan tuhot alkoivat vuonna 2013 ja laajentuivat vuoteen 2016 mennessä 454 hehtaarin alueelle. (Viiri 2018.)

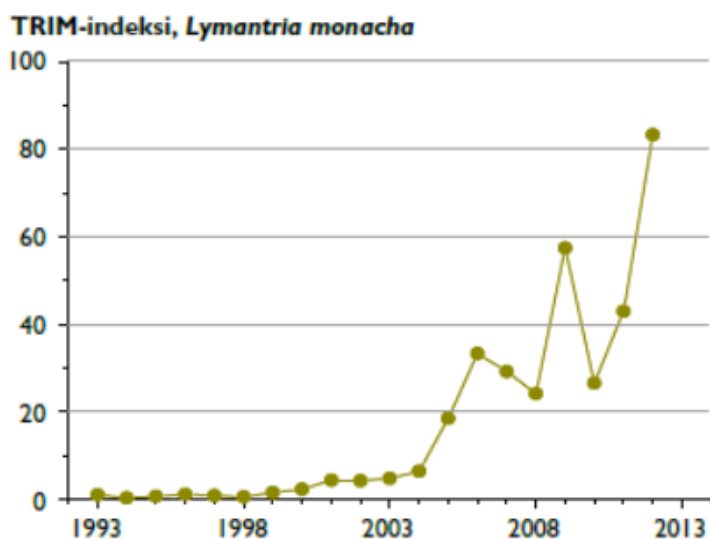
Yyterissä tähtikudospistiäistä on torjuttu ruiskuttamalla biologista torjuntavalmistetta, sukkulamatoja vuosina 2011 ja 2012. Pistiäinen on kuitenkin tyypillisesti jopa 10-15 vuoden riesa kuivilla ja karuilla mailla. (Viiri 2018.)

Pistiäisiä, etenkin ruskomäntypistiäistä, torjuvat yllättäen myös toiset tuholaislajit; myyrät ja niiden lisäksi myös päästäiset. Nämä pikkunisäkkäät saalistavat pistiäisten koteita ja rajoittavat niiden joukkoesiintymiä. Eri pistiäislajeja saalistetaan eri vuodenaikoina, ruskomäntypistiäistä sen ollessa kotelovaiheessa loppukesästä syksyyn. Tutkimustulokset osoittavat, että lämpötilan noustessa viisi astetta loppukesän ja alkusyksyn aikana metsämyyrät saalistivat ruskomäntypistiäisen koteita viidenneksen enemmän kuin aiemmin. Ilmastomuutoksen myötä lisääntyvä lumeton aika lisää myös saalistuspainetta. Vaikka pistiäisten esiintyminen tulevaisuudessa lisääntyisikin, myyrät voivat olla yksi niitä rajoittava tekijä, jos pikkunisäkkäät runsastuvat ja niiden määrä vakaantuu. (Miten ilmastomuutos heijastuu myyriin ja hirvieläimiin? 2012.)

5.3 Havununna leviää Suomessa

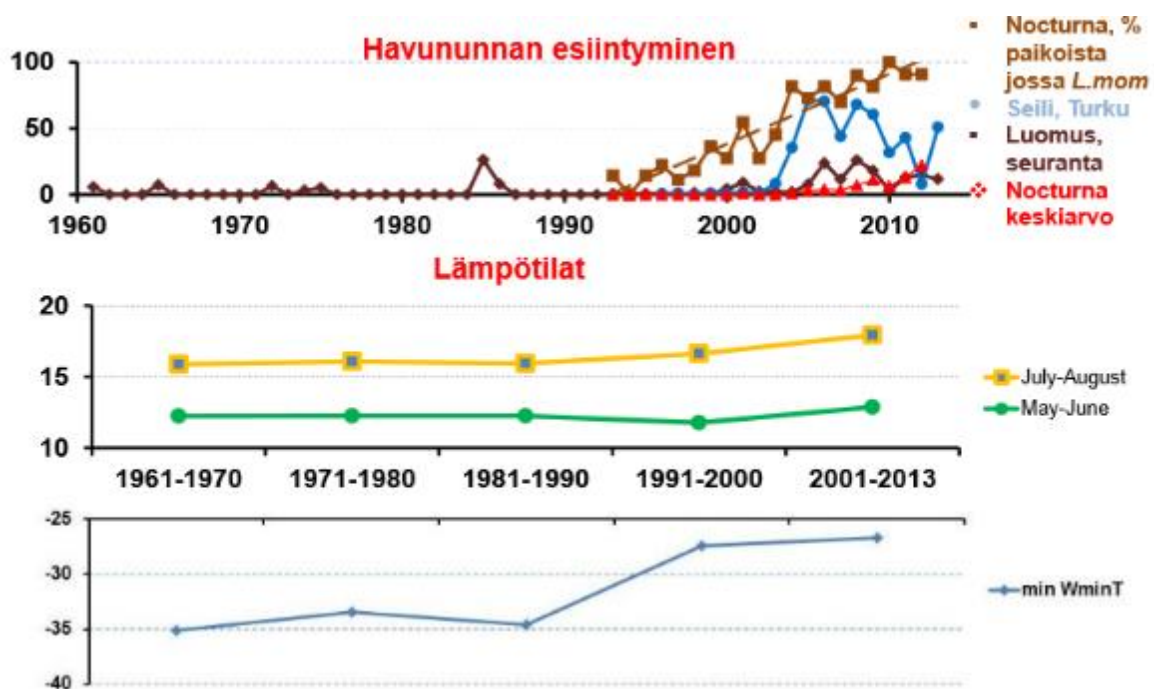
Havununna (*Lymantria monacha*) on valkosiipinen, suuri perhonen, joka on Keski-Euroopan pelätyimpiä tuholaisia sukulaisensa lehtinunnan ohella. Havununnan toukat syövät havupuiden neulasia, ja joskus myös lehtipuiden lehtiä. Keski-Euroopassa havununnan massaesiintymät ovat olleet tuhoisia. Vielä 2000-luvun alkupuoliskolla Luonnonvarakeskus luonnehti havununnaa meillä harvinaiseksi ja vaarattomaksi lajiksi. (Havununna 2013.)

Ilmastonmuutoksen myötä havununna on kuitenkin nopeassa tahdissa Suomessa yleistynyt ja levinnyt kohti pohjoista. Aikaisemmin harvinaisesta perhosta on tullut paikoitellen jopa riesa. Fält-Nardmannin (2018) tutkimuksissa selvisi, että tämä ”valkoiseksi tuholaiseksi” kutsuttu perhonen kykenee selviytymään hyvin Suomen olosuhteista. Kunhan lämmintä riittää tarpeeksi, kaamos tai yöttömät yöt eivät havununnaa haittaa. Myöskään pakkaset eivät pysäytä tätä tuholaista. Fält-Nardmannin (2018) tutkimuksessa selvisi, että havununnan talvehtivat munat kestävät -29 asteen pakkasia. Samassa tutkimuksessa selvisi, että lehtinunnankin munat kestivät lähes yhtä kovia pakkasia. Kuvasta 4 käy ilmi, että havununnan yleisyys Suomessa on muuttunut 80-kerlaiseksi 1990-luvun alusta. Lisäksi kuvassa 5 näkyy lämpötilojen vaikutus nunnan leviämiseen ja esiintymiseen Suomessa. Ilmaston lämpeneminen ja lauhemmat talvet ovat vaikuttaneet selkeästi sen kannan kasvuun.



Kuva 4. Havununnan kannan kehitys 1993-2012 (Viiri 2018)

Havununnalla on Suomessa jo nyt nopeampi elinkierto kuin lajin ”sydänmailla” Manner-Euroopassa, joten sillä on hyvät edellytykset sopeutua Suomen olosuhteisiin ja yleistyä täällä tuholaiseksi asti. Nunnat eivät myöskään nirsoile ruuan suhteen, sillä lehtinunnan tiedetään käyttävän ravinnokseen yli viittäsatonta erilaista kasvia. Fält-Nardmannin (2018) tekemissä kokeissa havununna pärjasi pelkällä männyllä pohjoisinta Lappia myöten.



Kuva 5. Ilmastotekijöiden ja havununnan leviämisen sekä esiintymisen välisten tekijöiden yhteys (Viiri 2018)

Toistaiseksi havununnien tekemät tuhot Suomessa ovat kuitenkin olleet pienialaisia ja ne ovat kaikki olleet lounaissaaristossa. Lehtinunna on Suomessa lajina vielä harvinainen, toisin kuin Pohjois-Amerikassa, jonne lehtinunna on levinnyt ihmisen mukana ja aiheuttanut valtavia tuhoja. Siitä on tullut oikea suurtuholainen, jonka etenemistä ei ole saatu estettyä. Avainasemassa molempien lajien torjunnassa ovat metsänhoidolliset toimenpiteet sekä metsien monimuotoisuus. Lajistoltaan ja ikärakenteeltaan monimuotoiset ja vaihtelevat metsät ovat tuholaisille – niin nunnille kuin muillekin – vastustuskykyisempiä kuin tasaikäisrakenteiset yhden tai kahden puulajin metsät. (Fält-Nardmann 2018.)

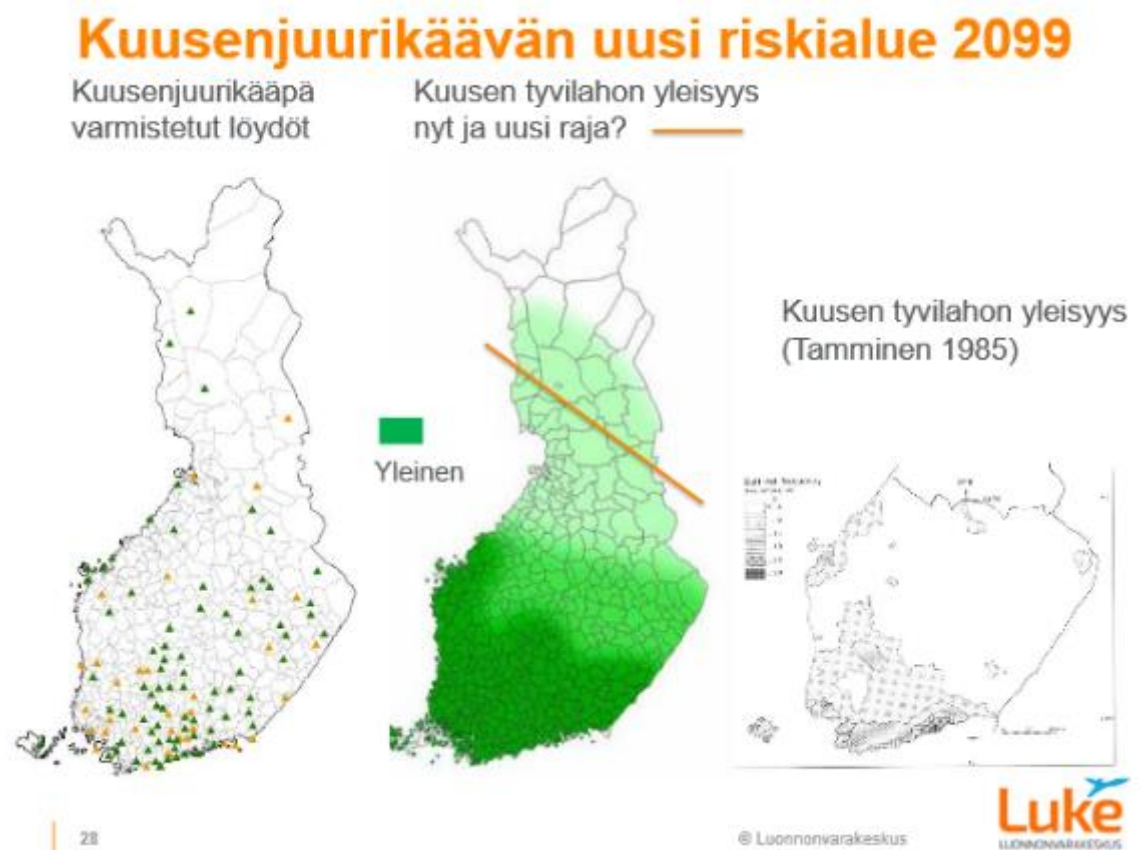
6 ILMASTONMUUTOS LISÄÄ JUURIKÄÄPÄRISKIÄ

6.1 Juurikääpä leviää pohjoiseen

Juurikääpä on Suomessa ollut jo 1800-luvulta lähtien tunnettu puiden tuholainen, joka aiheuttaa suuret taloudelliset vahingot vuosittain niin meillä Suomessa kuin muuallakin boreaalisella havumetsävyöhykkeellä. Suomessa tautia on aiemmin kutsuttu maannousemaksi. Nykyään tunnetuista kymmenestä juurikääpälajista Suomessa esiintyy kaksi lajia: männynjuurikääpä (*Hetero-*

basidion annosum) ja kuusenjuurikäpä (*Heterobasidion parviporum*). Männyllä tätä kutsutaan tyvitervastaudiksi ja kuusella kuusentyvilahoksi. (Müller, ym. 2012.)

Toistaiseksi juurikäävän aiheuttamat tuhot kuusella ovat rajoittuneet eteläiseen Suomeen kivennäismaille, mutta kesäaikaisten hakkuiden ja ilmastonmuutoksen seurauksena on odotettavissa, että tuhot lisääntyvät ja lahottajasieni pääsee leviämään pohjoisemmaksi. Sekä kuusen- että männynjuurikäpä aiheuttavat kuusen tyvilahoa, mutta kuusenjuurikäpä on näistä yleisempi laji. Sitä esiintyy käytännössä kaikkialla Etelä- ja Länsi-Suomen kuusikoissa ja Järvi-Suomessa paikoitellen. Pohjois-Suomessa sitä esiintyy vain kaikkein rehevimmillä kuusen kasvupaikoilla. Männynjuurikäpä esiintyy pääosin eteläisemmässä Suomessa. (Juurikäpä kuusella 2013.) Kuvasta 6 näkyy Luonnonvarakeskuksen ennuste siitä, miten kuusenjuurikäpä leviää ilmastonmuutoksen myötä pohjoiseen Suomeen.



Kuva 6. Kuusenjuurikäävän leviäminen pohjoiseen (Viiri 2018)

Tyvilahotartunnan saanutta kuusta on vaikea heti tunnistaa, sillä kuusi voi vaikuttaa ulkoisesti terveeltä jopa vuosikymmeniä tartunnan saamisen jälkeen.

Sairaus näkyy vasta kun se on jo edennyt pitkälle. Sen huomaa latvuksen har-suuntumisesta, kasvun hidastumisesta ja pihkavuodoista rungossa. Koska tar-tunnan saaneen kuusen juuret lahottuvat, se usein kaatuu latvuksen ollessa vielä vihreänä, mutta se voi kuolla pystyynkin. Juuristoja pitkin sairaus pääsee leviämään terveisiin naapuripuihin, ja naapurimetsiin se pääsee leviämään iti-öiden avulla. Kun itiöt pääsevät tarttumaan kuusen juuriston tai juurenniskan vaurioihin, lahon leviäminen alkaa. Näitä vaurioita syntyy helposti hakkuiden yhteydessä etenkin kesäaikaan, kun lumipeite ei ole suojaamassa herkkää juuristoa. (Juurikäpä kuusella 2013.)

Kesäaikaisissa kuusikoiden hakkuissa kantokäsittely on ensiarvoisen tärkeää juurikäpäsien leviämisen estämiseksi, koska sienet itiöt pääsevät tarttu-maan kaadettujen puiden kantopintoihin ja leviävät siitä edelleen kannon juu-riston kautta terveisiin puihin. Kantokäsittelyssä käytetään joko kemiallista urea-valmistetta tai biologista Rotstop-valmistetta. Pahimmillaan tartunta on kesäaikaan lämpimän, vähäsateisen ja heikkotuulisen ajanjakson vallitessa. Monivuotiset juurikäävät aloittavat itiötuotantonsa keväällä lämpötilan nous- tessa yli viiden asteen, ja jatkavat sitä aina syksyn pakkasiin asti. Ilmaston lämpenemisen myötä tämä itiöintijakso tulee pitenemään kasvukauden pitene- misen myötä. Aikaisemmat kevääät ja lämpimät syksyt edesauttavat juurikää- vänkin kasvua ja leviämistä. (Juurikäpä kuusella 2013.)

Juurikäpä ei häviä metsästä päätehakkuun jälkeenkään, vaan voi säilyä la- hoissa kannoissa jopa 30 - 40 vuotta. Tuona aikana se tartuttaa taas uuden puusukupolven. (Juurikäpä kuusella 2013.) Ainoa keino juurikäävän hävittä- miseksi on metsän uudistaminen lehtipuulla, sillä kannonnostokaan ei juuri- kääpää hävitä kokonaan. Juurikäpärihmasto säilyy jopa seitsemän vuotta maaperässä pienissäkin juuren palasissa (läpimitta yli 1,5 cm), joista se pys- tyy leviämään uuden puusukupolven taimiin. Kantoja nostettaessa niiden lahot juuret katkeavat hyvin herkästi, ja näin juuren palaset jäävät saastuttamaan metsää edelleen. (Müller ym. 2012.)

Kantojen korjuun riskinä on taudin leviäminen saastuneiden kantojen mukana muualle terveisiin metsiin kantojen kasaamisen, metsäkuljetuksen ja muok- kauksen seurauksena. Lahojen kantojen pitempiaikainen varastointi lisää myös juurikäävän leviämisen riskiä. Varastointikasan alimmaisista kannot eivät

kuivu maasta nousevan kosteuden takia, jolloin kantokasassa alkaa kasvaa juurikäävän itiöemiä eli kääpiä. Ne levittävät itiöitään etenkin varastoaluetta ympäröiviin lähimetsiin. (Müller ym. 2012.)

Müllerin, Pirin & Hantulan (2012) mukaan Suomen vuotuinen keskilämpötila tulee nousemaan kansainvälisen ilmastopaneelin A2-skenaarion mukaan viidellä asteella vuosisadan loppuun mennessä. Vaikka tämä lisääkin Suomessa puiden kasvua, se lisää myös juurikäävän aktiviteettia. Kuusenjuurikäävän vuotuisen kokonaisaktiviteetin arvioidaan juuristossa kasvavan Etelä-Suomessa yli 50 %:lla ja Pohjois-Suomessa yli 90 %:lla. Vastaavasti puiden kasvun on ennustettu lisääntyvän 12 % ja 109 %:lla. Toisin sanoen juurikäävän aktiviteetti Etelä-Suomessa lisääntyisi huomattavasti enemmän kuin puiden kasvu. Lisäksi Etelä- ja Keski-Suomessa veden puutteen ennustetaan tulevaisuudessa rajoittavan puiden kasvua monin paikoin, koska lämpötilan nousu lisää haihduntaa sademäärän kasvua enemmän. Juurikääpiä kuivuus ei todennäköisesti haittaa, koska sienirihmasto elää elävässä, kosteassa puuaineksessa. Koska juurikääpien optimilämpötila on 22 - 28 astetta, ei lämpötilan nousu tule rajoittamaan niiden kasvua edes hellejaksojen aikana. (Müller ym. 2012.)

Ympäristöolojen muuttuessa mikrobit ja hyönteiset kykenevät sopeutumaan muutoksiin puita paremmin niiden nopean sukupolven kierron ansiosta. Juurikäävät eivät ole kaikkein lyhytikäisimpiä patogeenisista sienistä, sillä sama sienirihmasto voi tuottaa uusia itiöemiä jopa vuosikymmenien ajan. Parhaimmillaan juurikäävän sukupolvenkierto on muutamia vuosia eli huomattavasti lyhyempi kuin kuusen tai männyn. Juurikääpien sopeutumiskykyyn vaikuttavat paitsi paikallisen populaation sopeutuminen, myös kaukokulkeutuvien itiöiden aiheuttama geenivirta. Pieni osa juurikääpien itiöistä voi suotuisien ilmavirtauksien ansiosta kulkeutua kymmeniä tai jopa satoja kilometrejä. Kaukokulkeutuvat geenit lisäävät omalta osaltaan juurikääpien mukautumiskykyä ilmastomuutokseen. (Müller ym. 2012.)

6.2 Uudet aseet juurikäävän torjuntaan

Juurikääpä aiheuttaa valtavat, arviolta 50 miljoonan euron suuruiset tappiot vuosittain metsätaloudelle. Ilmaston lämpenemisen myötä tämä ongelma kasvaa entisestään, ja siksi sen torjuntamenetelmiä on alettu viime vuosina kehittää eteenpäin. Luonnonvarakeskus on ryhtynyt valmistelemaan yhdessä Metakeskuksen kanssa kustannustehokasta menetelmää juurikäävän torjunnan omavalvontaan. Menetelmässä hyödynnetään valokuvausta, pilvipalvelua ja sähköistä tiedonsiirtoa. (Juurikäävän torjuntaan on kehitetty uusia menetelmiä 2016.)

Uusi omavalvontamenetelmä on kehitelty sellaiseksi, että se voidaan toteuttaa sujuvasti hakkuutyön yhteydessä. Kun tuoreet kannot on käsitelty juurikäävän torjunta-aineella- joko urealla tai harmaaorvakkasienestä valmistetulla Rotstopilla- niistä otetaan valokuvia älypuhelimella. Kun kuvat siirtyvät älypuhelimesta pilvipalveluun, niistä analysoidaan torjunta-aineen peittävyys. Nämä tiedot tallentuvat palvelimeen ja ovat sieltä käytettävissä heti. Kyseistä menetelmää on lähtenyt kokeilemaan viisi korjuuyritystä. Toinen tiedonsiirto-ominaisuus, jossa torjunta-aineen peittävyystulokset tallennetaan mittasaksiin tarkastusmittauksen yhteydessä, on viimeistelyvaiheessa. (Juurikäävän torjuntaan on kehitetty uusia menetelmiä 2016.)

Luonnonvarakeskus on myös tutkinut maastokokeilla mahdollisuuksia tyvitervastautipesäkkeiden leviämisen rajoittamiseen nuorissa männiköissä. Maastokokeissa tautipesäke on saarrettu käsittelemällä ympärillä olevat terveiden mäntyjen kannot harmaaorvakkasienellä, joka kilpailee juurikäävän kanssa. Tämän lisäksi sairaisiin kantoihin on levitetty virusta, joka vähentää juurikäävän kasvua. Alustavien tulosten perusteella juurikääpäpesäkkeen saarroitus harmaaorvakan avulla näyttäisi rajoittavan juurikäävän leviämistä tehokkaasti. Sen sijaan viruksen tartutusmenetelmä vaatii vielä jatkokehittelyä, sillä se ei toiminut kokeissa odotetulla tavalla. Juurikääpäpesäkkeen saarroitus sopii käytettäväksi erityisesti nuorten, alle 15-vuotiaiden, mäntyjen taimikoissa. Pilotitkokeet on aloitettu kesällä 2016 ja lopulliset tulokset saadaan vuoden 2019 aikana. (Juurikäävän torjuntaan on kehitetty uusia menetelmiä 2016.)

Hantulan (2014) mukaan virustaakka eli sienirihmastossa esiintyvien virusten määrä kasvaa ajan myötä juurikääpäisessä metsikössä, ja se olisi syynä juurikääpäkloonien rajalliseen elinikään. Tätäkin voitaisiin hyödyntää juurikäävän torjunnassa siten, että keinotekoisesti lisättäisiin virusten määrää rihmastossa. Tutkimuksissa on selvitetty, että HetPV13-an1-virus ehkäisee tehokkaasti juurikäävän kasvua, sillä se sotkee 680 juurikääpägeenin säätelyn. Hantula esittää myös yhdeksi ratkaisuksi mykoritsoja. Eräät pintajuurisienet ovat antagonistisia juurikääpää vastaan. Juurikääpäongelmia voisi mahdollisesti tulevaisuudessa ratkaista muokkaamalla kuusi- tai mäntymetsien juuristosieniyhteisöjä.

Ajatuksena metsätautien torjunta viruksien avulla ei ole mitenkään uusi, sillä ensimmäisen kerran viruksia on käytetty tähän jo 1960-luvulla, jolloin erästä virusta käytettiin kastanjansurman torjunnassa. Noin 15 % eurooppalaisista ja länsiaasialaisista juurikäävistä kantaa rihmastoissaan RNA-viruksia. Yleisin juurikäävän virus on HetRV6, joka on levinnyt Eurooppaan ja Pohjois-Amerikkaan. Uusin ja huonoiten tunnettu juurikäävän sienivirus on HetMV1. Sen vaikutuksista juurikääpään ei tiedetä vielä mitään. Sama tilanne on usean muunkin mitoviruksen kohdalla. Virusten vaikutus sieneen vaikuttaisi riippuvan monesta eri tekijästä, mm. lämpötila vaikuttaa siihen aiheuttaako jokin virus mitään reaktiota sienessä. (Hantula & Vainio 2016.)

Tutkijat kuitenkin korostavat kantokäsittelyn merkitystä juurikäävän torjunnassa sekä puulajin vaihtoa juurikäävän saastuttamassa metsässä, sillä vaikka tutkimustulokset ovatkin lupaavia, niiden tarkempi tutkiminen kenttäkokeissa vie useita vuosia. Tämän jälkeen on vielä löydettävä kustannustehokas tapa saada uusi torjuntamenetelmä mukaan käytännön puunkorjuutyöhön, joka vie sekin oman aikansa. Toivoa kuitenkin on, että juurikäävän leviämistä saataisiin rajoitettua tulevaisuudessa.

7 POHDINTA

7.1 Opinnäytetyön luotettavuus

Opinnäytetyön lähteinä on käytetty uusimpia kotimaisia metsä- ja luonnonvara-alan tutkimuksia, väitöskirjoja, tutkijoiden lehtihaastatteluja, tiedealan lehtiartikkeleita ja tutkijoiden julkaisemia kirjoja. Suurin osa tutkimusaineistoista

on ollut Luonnonvarakeskuksen (entinen Metsäntutkimuslaitos) julkaisemia. Lisäksi lähteinä on käytetty Ilmatieteen laitoksen ja Suomen ympäristökeskuksen (SYKE) verkkojulkaisuja. Osa lähdemateriaalista on peräisin Luonnonvarakeskuksen tutkijoiden Tuula Pirin ja Juho Matalan kanssa käydyistä sähköpostikeskusteluista. Suurin osa lähdemateriaalista on viime vuosilta, mutta Heikkilän (1999) kirjajulkaisu on hieman vanhempaa materiaalia. Tieto ei kuitenkaan ole oleellisesti muuttunut, vaan Heikkilän teosta Hirvien hakamaat on käytetty myös monissa uusissakin tutkimuksissa taustamateriaalina. Lähdemateriaalia on koottu tätä työtä varten kevästä 2018 lähtien vuoden 2019 syksyyn asti niin internetistä, sähköpostikyselyillä kuin metsäalan kirjallisuudesta ja lehtiartikkeleista.

Opinnäytetyötä voidaan pitää luotettavana, koska se perustuu tieteellisiin tutkimuksiin ja tarkastettuihin väitöskirjoihin. Opinnäytetyö on useasta eri lähteestä koostettu tietopaketti, johon asiasisältö on kirjoitettu sellaisena kuin se on ollut alkuperäisissäkin julkaisuissa.

7.2 Ilmasto muuttuu ja luonto sopeutuu

Lukuisat kansainväliset ja kotimaiset tutkimukset ovat osoittaneet sen, että ilmasto muuttuu, ja on jo muuttunut. Suomessa kevääät ovat aikaistuneet ja kesän hellejaksot lisääntyneet. Pitkien hellejaksojen aiheuttama kuivuus voi rajoittaa puiden kasvua: jos vedensaanti heikkenee puiden kasvukautena, ensimmäiseksi siitä kärsivät Etelä-Suomen kuusikot. Pitkät sateettomat jaksot voivat rajoittaa myös männyn kasvua Etelä-Suomen kuivilla kasvupaikoilla. Myös metsien metsäpaloriskit kasvavat tulevaisuudessa.

Routa-aika lyhenee, mikä vaikeuttaa puunkorjuuta etenkin leimikoissa, jotka ovat vain talvikorjuukelpoisia. Maan roudattomuus lisää myös tuulituhoriskejä, koska puut eivät pysty ankkuroitumaan maaperään roudan avulla. Juurikään lisääntyminen heikentää puita, ja ne voivat kaatua herkemmin myrskyissä tai katketa lumen painosta. Jos myrskytuhoissa kaatuneita puita ei saada ajoissa korjattua metsistä, se lisää puolestaan riskiä kaarnakuoriaistuhoihin. Talvisateet lisääntyvät ja tulevat yhä useammin vetenä. Tämä voi vaikeuttaa puiden talvehtimista ja tukahduttaa puiden juuristoja, jos vesi ei imeydy kun-

nolla maahan. Ilmastonmuutoksen positiivinen seuraus on kasvukauden piteneminen, mutta sen kääntöpuolena on lukuisia negatiivisia seurauksia. Yksi niistä näyttäisi olevan myös se, että osa tuholaislajeista sopeutuu muuttuviin olosuhteisiin puita nopeammin ja paremmin.

Tuhohyönteisten osalta on huolestuttavaa se tieto, että Suomeen on jo nyt sopeutunut joitakin uusia tuhohyönteislajeja, esimerkiksi havununna. Mitä enemmän talvet lauhtuvat, sitä suurempi riski on, että Suomeen saapuu muitakin tuholaislajeja, joiden vaikutuksia on vaikea ennakoida etukäteen. Havununna selviää uuden tutkimuksen mukaan yllättävän kovista pakkasista, joka tekee siitä potentiaalisen riskin Suomen havumetsille. Se on osoittanut pärjäävänsä jo nyt Suomen olosuhteissa ja ilmaston lauhtuessa sen elinmahdollisuudet täällä paranevat kokoajan. Tulevaisuudessa havununnan aiheuttamien tuhojen riski muodostunee varteenotettavaksi ainakin Etelä-Suomessa. (Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 2017.)

Nisäkkäiden reagointia muuttuviin olosuhteisiin on vaikea ennustaa, sen osoittavat esimerkiksi myyrän osalta opinnäytetyössä esitellyt tutkimustulokset. Vastoin aiempia oletuksia, myyrät näyttäisivät sopeutuvan ilmaston lämpenemiseen kohtuullisen hyvin. Uusimpien tutkimusten mukaan niiden kannat tulevat nousemaan: tähän vaikuttaa myös myyriä saalistavan lumikon kohtalo. Jos lumikoiden kanta pienenee niiden lumipuvun takia, se lisää myyrien määrää merkittävästi. Valkoisen lumipukunsa vuoksi lumikko on lumettomina talvina helppo saalis muille petoeläimille. Myös myyrien ravintokasvit lisääntyvät pidemmän ja lämpimämmän kasvukauden ansiosta. Tällä saattaa olla vaikutusta metsätuhoihin: kun muuta ravintoa on runsaasti tarjolla, puuntaimia syödään vähemmän.

Hirvieläimet pystyvät sopeutumaan ilmastonmuutokseen jossain määrin lajistollisten muutosten kautta. Hirven siirtyessä pohjoisemmaksi lämpöstressin ja lisääntyvien loiseläinten takia, sen paikan valtaavat Etelä- ja Keski-Suomessa valkohäntäpeura ja metsäkauris. Metsäkauriin leviäminen metsäisemmille alueille on riskitekijä kuusitaimikoille tulevaisuudessa. Kuusentaimet ovat saaneet aiemmin olla hirviltä rauhassa, mutta metsäkauriille ne maistuvat. Hirvieläinkantojen ennustamisessa epävarmuutta aiheuttaa kuitenkin se, että vaikka

leudommat talvet helpottavatkin hirvieläinten talvehtimista tulevaisuudessa, korkeilla kesälämpötiloilla voi olla huomattava negatiivinen vaikutus.

Ilmastonmuutoksen aiheuttama lämpötilan nousu lisää tulevaisuudessa männy- ja kuusenjuurikääpien aktiivisuutta Etelä- ja Keski-Suomessa enemmän kuin puiden kasvua. Tämän seurauksena juurikääpien aiheuttamat tuhot tulevat lisääntymään. Juurikääpien aiheuttamat juuri- ja tyvilaho ovat olleet jo vuosia merkittävimmät metsätaudit Suomessa. Kuusenjuurikääpäpopulaatiot ovat lämpötilavasteeltaan monimuotoisia, joten ne tulevat todennäköisesti sopeutumaan hyvin muuttuviin lämpötiloihin. Jos hellejaksot kesäisin lisääntyvät, se edesauttaa juurikäävän lisääntymistä, koska helle stressaa puita ja heikentää niiden vastustuskykyä sienitautia vastaan. (Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 2017.)

Suomessa jo olemassa olevat, kotimaiset tuholaislajit vaikuttavat sopeutuvan muuttuvaan ilmastoon tavalla tai toisella, osa sopeutuu jopa erinomaisesti. Näiden lisäksi etelästä kulkeutuu Suomeen uusia vierastauteja ja -tuholaisia. Joitakin lajeja tulee Suomeen myös ihmisen toimesta esimerkiksi kansainvälisen taimikaupan seurauksena, joka muodostaakin suuren riskin metsien terveydelle. Suomen metsät ovat puulajistoltaan kovin yksipuolisia, kuusta ja mäntyä on n. 90 % koko metsäalasta. Siten metsämme ovat myös hyvin haavoittuvaisia, jos jokin havupuille vaarallinen vierastauti tai -tuholainen pääsisi leviämään metsiin. (Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 2017.)

Ilmaston lämpenemisen seurauksena metsien puulajisuhteet muuttuvat, ja lehtipuita tulee olemaan enemmän kuin nykyään. Tämä on positiivista sikäli, että havupuiden tuholaiset eivät tällöin pääsisi aiheuttamaan kovin suuria tuhoja, jos metsissä kasvaisi nykyistä enemmän koivua ja joitakin jalopuita. Toisaalta jalopuiden mukana saattaisi tulla myös uusia tuholaisia. Jokainen uusi tuholaislaji lisää todennäköisesti myös hyönteisten aiheuttamaa kokonaistuhoa Suomen metsille. On kuitenkin huomioitava, että ilmastonmuutoksen aiheuttama kesälämpötilojen nousu hyödyttää myös tuhohyönteisten loisia ja saalistajia. Ajan mittaan nämä voivat lisääntyä ja siten hillitä tuhojen lisääntymistä. (Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 2017.)

7.3 Hirvituhot lisääntyvät – tuhoriskit huomioitava jo metsäsuunnittelussa

Hirvi on Suomen suurin luonnonvarainen eläin ja sillä on aina ollut tärkeä merkitys suomalaisille riistaeläimenä. Se on kuitenkin myös taimikoiden pahin tuhoeläin. Uudistushakkuista seuraavat taimikkovaiheet tarjoavat hirville runsaasti ravintoa, ja sen seurauksena hirvikanta on kasvanut. Tämän seurauksena myös sen aiheuttamat tuhot ovat lisääntyneet. Vuosina 2004-2008 hirvivahinkoja oli metsien inventointitulosten mukaan noin 750 000 hehtaarilla, joka on viidennes kaikista taimikoista. (Nikula 2017.)

Valtio maksaa hirvieläinten aiheuttamista tuhoista korvausta, jota metsänomistaja voi erikseen hakea, jos tuhojen korvauskynnys ylittyy. Korvausta voi hakea hirven ja valkohäntäpeuran aiheuttamiin tuhoihin. Metsäkauriin aiheuttamia vahinkoja valtio ei korvaa, koska korvausvarat tulevat hirvieläinten kaatolupamaksuista. Metsäkauriille kaatolupaa ei tarvitse erikseen hakea. Vuonna 2013 valtio korvasi hirvivahinkoja 0,8 miljoonan euron edestä, mutta toisaalta saadun lihan laskennallinen arvo oli 35 miljoonaa euroa (Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 2017).

Hirvieläinkantoja voidaan säädellä metsästyksen avulla. Jotta suuremmilta metsävahingoilta välttyttäisiin tulevaisuudessa, kannansäätelyä olisi tehostettava etenkin valkohäntäpeuran ja metsäkauriin osalta. Metsäkauriin ja valkohäntäpeuran metsäekosysteemiä kuluttava vaikutus voimistuu, kun ne levittäytyvät nykyistä karummille ja metsäisemmille alueille. Hirven siirtyessä pohjoisemmaksi, voivat hirvituhot lisääntyä Pohjois-Suomessa. (Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 2017.) Hirvikannan nykyiseen kokoon Suomessa vaikuttaa myös valikoiva metsästys, jonka avulla naarashirvien osuus hirvikannasta on haluttu pitää suurena hirvien lisääntymisen takaamiseksi. (Nikula 2017.)

Hirvituhojen pelko on Suomessa ohjannut metsänuudistamista. Tämä on johtanut kuusen viljelyn yleistymiseen ja siihen, että Suomen metsät kuusettuvat. Metsänhoidossa hirvituhojen pelko on aiheuttanut myös sen, että lehtipuut on taimikonhoidossa poistettu automaattisesti mänty- ja kuusitaimikoista. Pahimmilla hirvituhoalueilla yksi ratkaisu on jatkuva metsänkasvatus. Männyn ja kuusen sekaviljely voisi myös säästää suuremmilta taimikkotuhoilta. Lisäksi

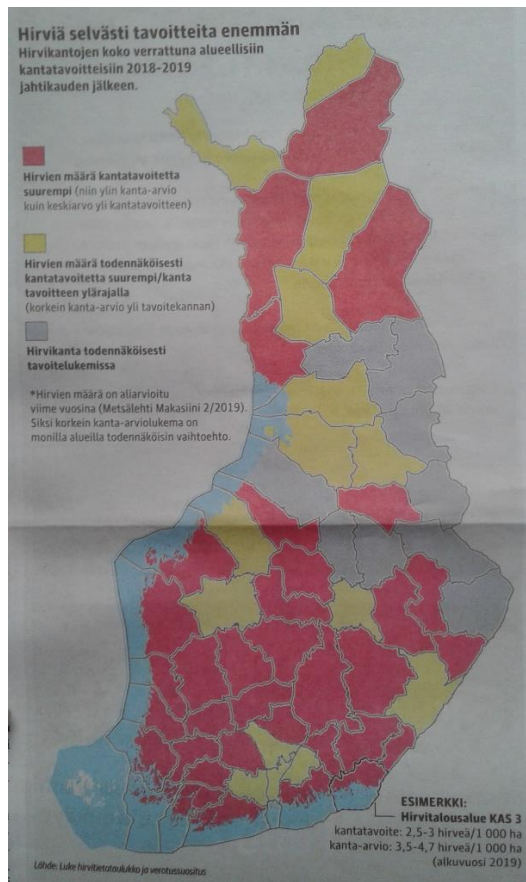
männiköiden talviaikaiset hakkuut ja niistä saatava latvusravinto hirville hillitsevät intoa taimien syötiin. Nuolukivillä voidaan hirviä ohjata haluttuihin paikkoihin ruokailemaan. Kosteisiin painaumiin, ojien ja purojen varsille tai sähkölinjojen alle kannattaa säästää pajukkoa, pihlajia ja haapaa hirvien ravinnoksi. Männyn kasvattaminen siemenpuista tai siemenkylvöstä riittävän tiheänä taimikkona vähentää hirvivahinkoja.

Metsänkasvatuksessa ei enää voi turvautua hirvituhoalueilla pelkkään kuusen kasvatukseen, sillä metsäauriskannan kasvun myötä myös kuusentaimet ovat vaarassa. Olisikin oleellista huomioida jo metsäsuunnittelussa alueen mahdolliset riskitekijät metsänuudistuksessa: riskit hirvituhoihin, mutta myös kuivuuteen sekä tuuli- ja lumituhoihin. Myös myyrä- ja hyönteistuhoriskit on hyvä huomioida metsäsuunnittelussa. Suunnitelmat ja metsänhoitotyöt olisi tehtävä tilakohtaisesti, metsikön ominaisuudet huomioiden: käytetään erilaisia metsänkasvatusmenetelmiä ja eri puulajeja, säästetään jo metsässä olevaa luontaista taimiainesta ja käytetään metsänuudistamisessa jalostettua taimi- ja siemenmateriaalia. (Koistinen 2019.)

Myös riistanhoidon merkitys korostuu tulevaisuudessa varsinkin valkohäntäpeuran ja metsäkauriin kantojen kasvaessa. Valkohäntäpeurakannan kasvu onkin johtanut etenkin lounaisessa Suomessa kestävämmään tilanteeseen, johon Maa- ja metsätaloustuottajain Keskusliitto (MTK) vaatii toimenpiteitä. MTK:n mukaan metsästystä olisi helpotettava valkohäntäpeurakannan tiheimillä alueilla. Lounais-Suomessa kanta on tuplaantunut viiden vuoden aikana, ja se on lisännyt huomattavasti vahinkoja maataloudessa ja myös metsävahingot ovat lisääntyneet. (MTK: Valkohäntäpeuran kannansäätelyä tehostettava 2019.)

Myöskään hirvien määrä ei ole liiemmin laskenut metsästyksestä huolimatta. Viimeisimpien tietojen mukaan Luonnonvarakeskuksen tekemät hirvikanta-arviot ovat osoittautuneet aliarvioksi hirvien määrästä. Hirvikantojen laskentaa hankaloittaa niiden liikkuminen talvi- ja kesälaitumille. Suuressa osassa maata hirviä on selvästi kantatavoitteita enemmän, mikä tietenkin vaikuttaa myös metsätalouden tuhoihin. Kuvassa 7 näkyvät punaisella värillä ne alueet, joissa hirvien määrä on selvästi tavoitteita suurempi. Esimerkkinä on hirvitalousalue, jossa pitäisi olla 2,5-3 hirveä/1000 ha, mutta todellisuudessa niitä on 3,5-4,7

hirveä/1000 ha. Tästä arviosta luku 4,7 lienee lähimpänä totuutta. (Skyttä 2019.)



Kuva 7. Hirvikantojen koko verrattuna alueellisiin kantatavoitteisiin 2018-2019 jahtikauden jälkeen (Luonnonvarakeskus 2019)

Koistinen (2019) korostaa metsä- ja riistatalouden yhteistyön merkitystä hirvieläinten kannan säätelyssä, jotta metsät pystytään pitämään monimuotoisina ja voidaan kasvattaa tulevaisuudessa niin mäntyä kuin koivuakin sekä jaloja lehtipuita. Pelkkä hirvieläinten metsästys ei kuitenkaan saa olla ainoa ratkaisukeino tuhojen torjumiseksi, vaikka metsästyksen avulla toki voidaankin hirvieläinten tuhoja vähentää.

7.4 Tutkimustieto jalkautettava käytännön metsänhoitoon

Metsien säilyttäminen terveisinä ja monimuotoisina tulevaisuudessakin vaatii muutoksia metsänhoidossa. Muutosten ei tarvitse olla suuria, maalaisjärkeä ja metsänhoidon suosituksia käyttämällä voidaan miettiä tilakohtaisesti sopivia metsänhoitoratkaisuja. Tämän päivän metsäasiantuntijoilla olisi oltava käytös-

sään laajemmin digitaalista tietoa eri tuhoriskien suhteen metsäalueittain. Samasta tietolähteestä tulisi selvittää riskit niin hirvi- ja myyrätuhojen kuin tuuli- ja lumituhoennusteiden osalta, jotta voitaisiin tehdä tilakohtaisesti sopivanlainen metsänhoitosuunnitelma.

Metsätiedepajassa vuonna 2018 metsäalan asiantuntijat miettivät ratkaisuja siihen, miten ilmastonmuutokseen sopeutumisen keinot saataisiin osaksi metsänomistajien metsiä koskevaa päätöksentekoa ja riskienhallintaa. Yhdeksi ratkaisuksi esitettiin digitalisaatiota ja avoimen metsä- ja ilmastotiedon tuotteistamista uusiksi palveluiksi. Tällaisten uusien palvelujen avulla voitaisiin reaaliaikaisesti ja paikallisesti viestiä esimerkiksi erilaisten hyönteistuhojen riskitasoista tai sääolojen vaikutuksesta metsänuudistuksen toimenpiteisiin. (Metsätiedepaja 2018.)

Metsätiedepajan (2018) asiantuntijat totesivat: ”Sää- ja ilmastoriskeihin varautuminen on toimijoiden yhteinen haaste. Tutkimustietoa on paljon, mutta tiedon jalkauttamista metsäsektorin eri osiin ja erityisesti metsänomistajille tulee tehostaa. Ilmastonmuutokseen sopeutuminen vaatii aluetason vesienhallintaa, metsänkäsittelymenetelmien monipuolistamista sekä sää- ja ilmastoriskien taloudellisten vaikutusten ymmärtämistä.”

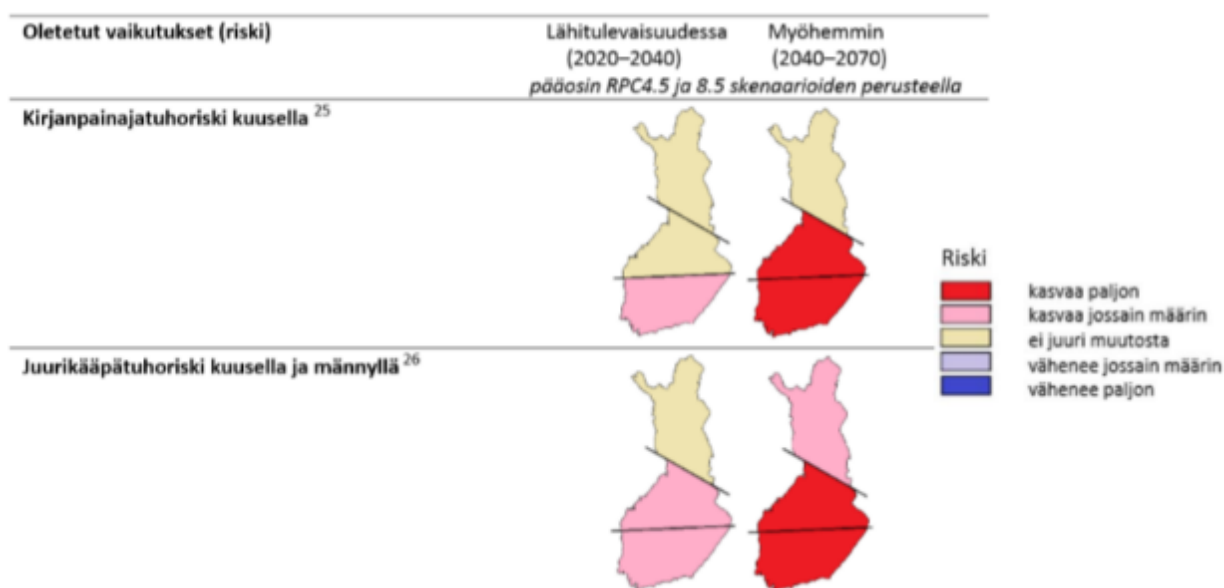
Myös taimikonhoidon ja muiden metsänhoitotöiden hoitaminen ajallaan ovat avainasemassa tulevaisuudessa, jotta metsät säilyvät elinvoimaisina ja terveinä. Ensiharvennukset on tehtävä ajallaan, jotta vältetään metsien riukuuntumiselta. Alueilla, jotka ovat alttiita tuulituhoille, hakkuita aikaistetaan ja huonokuntoiset, varttuneet metsiköt uudistetaan välittömästi.

Metsätiedepajassa (2018) asiantuntijat nostivat tärkeimmiksi toimenpidesuosituksiksi kansainvälisen taimikaupan lopettamisen, metsänhoito-ohjeiden noudattamisen sekä kotimaisten lajien suosimisen metsien uudistuksessa. Laajoja tasaikäisiä yhden puulajin metsiköitä tulisi välttää, ja myös alemman tieverkon kunnosta tulisi huolehtia sujuvan puuhuollon takaamiseksi.

7.5 Sekametsiä suosittava enemmän tulevaisuudessa

Viime vuosina on nähty, millaista tuhoa erilaiset hyönteislajit ovat saaneet aikaan Euroopassa ja naapurimaassamme Ruotsissa. Kirjanpainaaja on ollut näistä tuhohyönteisistä pahin, ja sen aiheuttamista vahingoista ovat kärsineet metsänomistajien lisäksi myös puumarkkinat. Suomi on vielä toistaiseksi säästynyt suurilta tuhoilta, mutta täälläkin kirjanpainaaja on päässyt tekemään jo useamman sukupolven saman kesän aikana. Paikoitellen epidemiarajat ovat Suomessakin ylittyneet, joten vaara laajemmista tuhoista on todellinen myös meillä. Suomen metsät ovat hyvin haavoittuvaisia, sillä pääpuulajejamme ei ole kuin kolme, ja nekään harvemmin muodostavat keskenään seka-

Tutkijat ovat jo pidemmän aikaa patistaneet metsänomistajia suosimaan metsiänsä hoidossa enemmän sekametsiä, mutta muutokset metsänhoidossa tapahtuvat hyvin hitaasti. Etenkin kuusta, joka tulee kärsimään ilmastonmuutoksesta puulajeista eniten, istutetaan edelleenkin innokkaasti. Kuitenkin tulisi huomioida, että nyt istutettavat taimet kasvavat useamman vuosikymmenen, ja tilanne voi silloin olla aivan erilainen. Ilmastonmuutos etenee vauhdilla eikä ole varmuutta siitä, millainen metsä jatkossa pärjää Suomessa parhaiten. Kuva 8 havainnollistaa hyvin tuhoriskien kasvua etenkin kuusen, mutta myös männyn osalta.



Kuva 8 Esimerkkejä tuhoriskien kasvusta tulevaisuudessa (Koistinen 2019)

Havu- ja lehtipuusekoitus takaa sen, että yhtä puulajia kohdannut epidemia ei tuhoa laajoja metsäalueita. Sekametsillä on muitakin positiivisia vaikutuksia kuin ilmastomuutoksen aiheuttamien tuhojen torjunta: ne lisäävät monimuotoisuutta, ja monimuotoisuus taas suojaa metsiä uusilta tuhohyönteisiltä. Lisäksi lehtipuiden lehtikarike lisää maaperän ravinteikkuutta. (Seppälä 2012.)

Sekametsän ei tarvitse välttämättä olla puulajien sekoitus, vaan eri puulajit voivat olla samassa metsikössä omina ryppäinään. Eri puulajeja voi istuttaa omina ryhminään uudistusalan erilaisille maastokohdille: kuiville paikoille mäntyä, kosteampiin notkelmiin koivua tai kuusta. Eri puulajien kasvatusta samalla uudistusallalla vaatii kuitenkin intensiivisempää metsänhoitoa kuin perinteinen sekametsä. (Hanni s.a.)

Sekametsien edut metsänkasvatuksessa ovat kiistattomat: sekametsän puusto pystyy käyttämään tehokkaammin maaperän ravinteet hyväkseen kuin yhden puulajin metsässä. Lehtipuukarike ehkäisee maaperän happamoitumista, josta hyötyy etenkin kuusi. Lepän lehtipuukarike jopa lannoittaa metsää. Puuntuotoskyky kasvaa, esimerkiksi mäntyvaltainen metsä tuottaa parhaiten, kun seassa on koivua. Tällöin kasvuvaikeus voi olla 10-15 % luokkaa. Lisäksi lehtipuusekoitus kuusikossa vähentää juurikäävän leviämistä ja lisää maanpinnan kasvilajiston määrää. (Hanni s.a.)

Kalliokosken (2015) mukaan uusimmissa tutkimuksissa on myös selvinnyt, että lehtimetsillä olisi ilmastoa viilentävä vaikutus. Havumetsillä tätä ominaisuutta ei ole. Tämä johtuu metsien biofysikaalisista vaikutuksista, aerosolista ja albedosta. Aerosolit ovat ilman pienhiukkasia ja albedo kuvaa jonkin kappaleen kykyä heijastaa siihen osuvaa säteilyä. Aerosolit vähentävät maapallon pinnan lämpösäteilyä. Näihin voidaan vaikuttaa metsänhoidon avulla, muuttamalla metsien puulajisuhteita, ikärakennetta ja aukkoisuutta.

Tutkimuksen tulosten mukaan metsien viilentävä vaikutus kasvaa, kun kasvupaikan rehevyys lisääntyy. Ravinteikkaimmilla kasvupaikoilla havumetsienkin viilentävä aerosolivaikutus lisääntyy, mutta nykyilmastossa etenkin lehtimetsillä on viilentävä vaikutus. Tulevaisuudessa tämä lehtimetsien viilentävä ominaisuus saattaa jopa ylittää hiilidioksidivaikutuksen metsikkötasolla. (Kalliokoski 2015.)

7.6 Metsätuhojen seuranta ja yhteistyö merkittävässä roolissa

Suomessa Metsäkeskuksen tehtävänä on valvoa metsätuhoja. Metsäkeskuksella on olemassa tuhoihin liittyen oma varautumissuunnitelma. Metsätuhoissa on myös säädetty aikarajat siihen, milloin tuore kuorellinen havupuutavara on kuljetettava pois metsästä ja varastopaikoilta, jotta estettäisiin kaarnakuoriaisten leviäminen. Lämpiminä kesinä kaarnakuoriaiset voivat kuitenkin olla liikkeellä jo aikaisemmin, joten tilanteen jatkuva seuranta on tarpeen. Jokaisella metsänomistajalla on velvollisuus tarkkailla oman metsänsä tilannetta, ja metsäammattilaisten sekä viranomaisten tehtävänä on opastaa metsänomistajia tarvittaessa. Metsäkeskus tarjoaa tietoa metsänomistajille metsätuhoihin liittyen, esimerkiksi kirjanpainajan iskeytymiselle riskialttiit kohteet löytyvät Metsäkeskuksen verkkosivuilta. Luonnonvarakeskukselta löytyy tietoa muun muassa myyrätuho- ja tuulituhoenneusteista.

Opinnäytetyötä varten kootun lähdemateriaalin perusteella voidaan todeta, että Suomessa on paljon metsä- ja luonnonvara-alan tutkimustietoa ilmastonmuutokseen ja sen vaikutuksiin liittyen. Tulevaisuudessa kysymys onkin siitä, miten paljon tätä kaikkea tietoa osataan hyödyntää käytännön toimissa ja ratkaisuissa. Uusien seurantamenetelmien avulla metsätuhoja voidaan havainnoida eri tavalla kuin aiemmin käyttämällä esimerkiksi satelliittidataa ja droneja.

Nikulan (2017) hirvitutkimuksessa oli tutkimusaineistossa hyödynnetty Luonnonvarakeskuksen satelliittikuvapohjaista metsävaratietoa, pantahirvien seurantaa ja yksityisille maanomistajille maksettua hirvituhokorvauksia. Pantahirvien seurantaa ja laserkeilausta oli hyödynnetty myös Melinin (2015) tutkimuksessa. Nikulan tutkimuksen pohjalta voitaisiin metsätalouden käyttöön muodostaa luokitus, jossa hirvituhoriski arvioitaisiin maaperä- ja kallioperätekijöiden avulla. Tutkimustietoja voitaisiin hyödyntää myös hirvikannan säätelyssä.

Metsänomistajien ja metsäammattilaisten koulutus metsätuhojen ja niiden riskien tunnistamiseen sekä ohjeistus metsätuhoja ehkäiseviin toimenpiteisiin ovat jatkossa avainasemassa, samoin kuin tutkimuksen ja käytännön yhteis-

työ. Riistakantojen ja vieraslajien seuranta, hirvieläinten kantojen säätely metsästyksen avulla ja ennaltaehkäisevin metsänhoidollisin toimenpitein sekä sekametsien suosiminen ovat keskeisiä toimenpiteitä tulevaisuuden metsänhoidossa.

LÄHTEET

Fält-Nardmann, J. 2018. Lepidopteran forest defoliators in a changing climate: performance in different life-history stages, and range expansion. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.utupub.fi/handle/10024/145847> [Viitattu 29.9.2019].

Hanni, J. s.a. Sekametsä syntyy raivaussahalla. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.storaensometsa.fi/sekametsa-syntyy-raivaussahalla/> [Viitattu 4.10.2019].

Hantula, J. 2014. Koto- ja vierasperäiset metsien tuholaiset. WWW-dokumentti. Saatavissa: https://smy.fi/wp-content/uploads/2014/11/Metsa-paivat2014_Jarkko_Hantula_Metsatuho-seminaari-slides.pdf [Viitattu 2.10.2019].

Hantula, J. & Vainio, E.J. 2016. Sienivirusten potentiaali juurikäävän torjunnassa. WWW-dokumentti. Saatavissa: www.metla.fi/aikakauskirja/full/ff16/ff162111.pdf [Viitattu 2.10.2019].

Havununna. 2013. Luonnonvarakeskus. WWW-dokumentti. Saatavissa: www.metla.fi/metinfo/metsienterveys/lajit_kansi/lymona-p.htm [Viitattu 29.9.2019].

Heikkilä, R. & Härkönen, S. 2007. Hirvivahingot ja hirvikanta. Metsätieteen aikauskirja 2/2007. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://metsatieteenaikauskirja.fi/article/6701> [Viitattu 10.6.2019].

Heikkilä, R. 1999. Hirvien hakamaat. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.

Henttonen, H., Huitu, O., Niemimaa, J. (2019). Itä-Suomeen myyrähuippu ensi syksynä. *Metsälehti* 20.6.2019, 8.

Hirvi. 2013. Luonnonvarakeskus. WWW-dokumentti. Saatavissa: www.metla.fi/metinfo/metsienterveys/lajit_kansi/alalce-n.htm [Viitattu 19.6.2019].

Huitu, O. 2009. Myyrät muuttuvassa ilmastossa. WWW-dokumentti. Saatavissa: www.metla.fi/tapahtumat/2009/talvitutkimuspaivat/huitu.pdf [Viitattu 15.6.2019].

Ilmastonmuutoksen vaikutukset metsien monimuotoisuuteen. 2010. Ilmasto-opas.fi. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutokset/-/artikkeli/999b5e1b-9417-40fa-851e-d6c2995fa7c8/metsien-monimuotoisuus.html> [Viitattu 11.5.2019].

Juurikääpä kuusella. 2013. Luonnonvarakeskus. WWW-dokumentti. Saatavissa: www.metla.fi/metinfo/metsienterveys/lahontorjunta/kuusi-juurikaapa.htm [Viitattu 1.10.2019].

Juurikäävän torjuntaan on kehitetty uusia menetelmiä. 2016. Luonnonvarakeskus. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.luke.fi/uutiset/juurikaavan-torjuntaan-on-kehitetty-uusia-menetelmia/> [Viitattu: 1.10.2019].

Kalliokoski, T. 2015. Ilmastonmuutos ja biotalous – Metsäsektorilla vaaditaan paradigman muutosta. WWW-dokumentti. Saatavissa: www.metla.fi/aikakauskirja/full/ff15/ff154247.pdf [Viitattu 8.10.2019].

Keskitalo, J. 2005. Maapallon muuttuva ilmasto. Jyväskylä: Kustannusosakeyhtiö Tammi.

Koistinen, A. 2019. Ilmastonmuutokseen sopeutuminen – mitä vaatii metsätalouden toimilta? WWW-dokumentti. <https://tapio.fi/wp-content/uploads/2019/04/Ilmastonmuutokseen-sopeutumisen-mh-suositukset-Arto-Koistinen-TAPIO.pdf> [Viitattu 8.10.2019].

Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus. 2017. Sopeutumisen tila. WWW-dokumentti. Saatavissa: https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/538722/luke-luobio_18_2017.pdf?sequence=1 [Viitattu 26.6.2019].

Luonnonvarakeskus. 2018. Riistahavainnot. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://riistahavainnot.fi/sorkkaelaimet/ajankohtaista> [Viitattu 18.10.2019].

Maaseudun Tulevaisuus. 2014. Porojen laidunnus hidastaa ilmaston lämpenemistä. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.maaseuduntulevaisuus.fi/ymparisto/porojen-laidunnus-hidastaa-ilmaston-lampenemista-1.58634> [Viitattu 5.7.2019].

Matala, J. 2019. Erikoistutkija. Sähköpostiviesti 6.5.2019. Luonnonvarakeskus.

Melin, M. 2015. Studying habitat use and behavior of moose (*Alces alces*) by integrating airborne laser scanning and GPS tracking. Itä-Suomen yliopisto. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://dissertationesforestales.fi/pdf/article1993.pdf> [Viitattu 17.9.2019].

Metsäkeskus. 2019. Pohjanmaalla on esiintynyt paikoin ankaraa ruskomäntypistiäisen syöntiä. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.metsakeskus.fi/content/pohjanmaalla-esiintynyt-paikoin-ankaraa-ruskomantypistiaisen-syontia> [Viitattu 28.7.2019].

Metsät ja ilmastonmuutos. 2014. Luonnonvarakeskus. WWW-dokumentti. Saatavissa: www.metla.fi/life/climforisk/pdf/Laymans_raportti.pdf [Viitattu 26.6.2019].

Metsätiedepaja. 2018. Miten sopeuttaa metsänhoito ilmastonmuutokseen?. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://tapio.fi/metsatiedepaja-miten-sopeuttaa-metsanhoito-ilmastonmuutokseen/> [Viitattu 21.10.2019].

Miten ilmastonmuutos heijastuu myyriin ja hirvieläimiin? 2012. Luonnonvarakeskus. WWW-dokumentti. Saatavissa: www.metla.fi/ohjelma/mil/loppuraportti/henttonen.htm [Viitattu 15.7.2019].

MTK: Valkohäntäpeuran kannansäätelyä tehostettava. 2019. Metsälehti. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.metsalehti.fi/uutiset/mtk-valkohanta-peuran-kannansaatelya-tehostettava/> [Viitattu 21.10.2019].

Müller, M., Piri, T. & Hantula, J. 2012. Ilmaston lämpeneminen haastaa nykyistä tehokkaampaan juurikäävän torjuntaan. WWW-dokumentti. Saatavissa: www.metla.fi/aikakauskirja/full/ff12/ff124312.pdf [Viitattu 1.10.2019].

Myyrät. 2013. Luonnonvarakeskus. WWW-dokumentti. Saatavissa: www.metla.fi/metinfo/metsienterveys/lajit_kansi/myyrsp-n.htm [Viitattu 21.9.2019].

Nikkanen, H. & työryhmä. 2017. Hyvän sään aikana. Mitä Suomi tekee, kun ilmasto muuttaa kaiken. Helsinki: Into Kustannus Oy.

Nikula, A. 2017. Resource selection of moose *Alces alces* at multiple scales from trees, plantations and home ranges up to landscapes and regions. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/176517> [Viitattu 25.11.2019].

Poro. 2013. Luonnonvarakeskus. WWW-dokumentti. Saatavissa: www.metla.fi/metinfo/metsienterveys/lajit_kansi/ratara-n.htm [Viitattu 22.6.2019].

Poronhoidon reunaehdot muuttuvat. 2011. Ilmasto-opas.fi. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/vaikutukset/-/artikkeli/85bdb195-39c4-4633-a2c9-f26c23e07022/porotalous.html> [Viitattu 12.6.2019].

Porot ja ilmastonmuutos. 2016. Luonnonvarakeskus. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.luke.fi/tietoa-luonnonvaroista/maatalous-ja-maaseutu/porotalous/porot-ja-ilmastonmuutos/> [Viitattu 2.7.2019].

Poulsen, M. K. 2017. Tieteen Kuvalehti. Pohjolan hirviä uhkaa tappava aivotauti. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://tieku.fi/elaimet/pohjolan-hirvia-uhkaa-tappava-aivotauti> [Viitattu 17.6.2019].

Pulskamailapistiäinen. 2013. Luonnonvarakeskus. WWW-dokumentti. Saatavissa: www.metla.fi/metinfo/metsienterveys/lajit_kansi/arpull-n.htm [Viitattu 23.9.2019].

Pusenius, J. 2017. Ilmastonmuutos voi vaikuttaa hirvien vaelluksiin. Maaseudun Tulevaisuus 1.12.2017. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.maa-seuduntulevaisuus.fi/metsä/artikkeli-1.215904> [Viitattu 27.6.2019].

Riistaeläinkannat ja niiden hoito - muutoksen aika?. 2011. Ilmasto-opas.fi. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://ilmasto-opas.fi/ilmastonmuutos/vaikutukset/-/artikkeli/798dbf77-7a10-4fc2-9744-77a0613869a2/riistanhoito.html> [Viitattu 25.6.2019].

Rinne, A. 2017. Missä hirvet elävät? Hirvien elinpiirit ja habitaattivalinta Pohjanmaalla. Maantieteen pro gradu- tutkielma. Turun yliopiston maantieteen ja geologian laitos. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.utu-pub.fi/bitstream/handle/10024/144500/Rinne%20Antti.pdf?sequence=1&isAllowed=y> [Viitattu 17.9.2019].

Ruokavirasto. 2019. CWD – hirvieläinten näivetystauti ja muut TSE-taudit hirvieläimillä. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.ruokavirasto.fi/viljelijat/elaintenpito/elainten-terveys-ja-elaintaudit/elaintaudit/luonnonvaraiset-elaimet/hirvielainten-naivetystauti-cwd/> [Viitattu 17.6.2019].

Seppälä, R. 2012. Ilmastonmuutos vaatii sekametsiä. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://yle.fi/uutiset/3-5258997> [Viitattu 4.10.2019].

Sipari, S. 2015. Overwintering strategies of a boreal small mammal in a changing climate. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://jyx.jyu.fi/handle/123456789/45135> [Viitattu 24.7.2019].

Skyttä. 2019. Hirvikantaa leikattava suuressa osassa Suomea. *Metsälehti* 10.10.2019, 7.

Tiede. 2019. Otsoniaukko pienimmillään 1980-luvun jälkeen. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.tiede.fi/artikkeli/uutiset/otsoniaukko-pienimmillaan-1980-luvun-jalkeen> [Viitattu 8.1.2020].

Turun Sanomat 2012. Karjalainen: Ilmastonmuutos ajaa hirviä pohjoiseen. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.ts.fi/uutiset/kotimaa/418547/Karjalainen+Ilmastonmuutos+ajaa+hirvia+pohjoiseen> [Viitattu 18.6.2019].

Tynkkynen, J. 2014. Poro torjuu ilmastonmuutoksen haittavaikutuksia. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://yle.fi/uutiset/3-7087058> [Viitattu 21.7.2019].

Valkohäntäpeurojen määrä yhä voimakkaassa kasvussa. 2018. Luonnonvarakeskus. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.luke.fi/uutiset/valkohanta-peurojen-maara-yha-voimakkaassa-kasvussa/> [Viitattu 9.7.2019].

Valste, J. 2007. Nisäkkäät Suomen luonnossa. Keuruu: Kustannusosakeyhtiö Otava.

Viiri, H. 2018. Ilmastonmuutos ja vieraslajit Suomen metsien uhkana. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://docplayer.fi/105701930-Ilmastonmuutos-ja-vieraslajit-suomen-metsien-uhkana.html> [Viitattu 23.9.2019].

Ylönen, H. 2018. Myyrän salainen elämä. Suomen yleisimmän nisäkkään jäljillä. Painettu EU:ssa: Atena Kustannus Oy.